

AUTOMATIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INSPEÇÃO COGNEX

Marco André Ferreira da Silva



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2013

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação do 2º ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Marco André Ferreira da Silva, N° 1110025, 1110025@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professor Doutor Manuel Fernando dos Santos Silva,
mss@isep.ipp.pt

Empresa: Bosch Car Multimédia Portugal S.A

Supervisão: Eng^a. Maria Conceição Castro, mariaconceicao.castro@pt.bosch.com



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

20 de Novembro de 2013

Agradecimentos

A realização deste projeto não seria de todo possível sem a ajuda e apoio prestado por um conjunto de pessoas e entidades.

Gostaria de, em primeiro lugar, expressar o meu mais sincero agradecimento ao Professor Doutor Manuel Fernando dos Santos Silva pelo apoio durante todo o desenvolvimento do projeto, por todo o tempo que despendeu em prol deste trabalho e por todas as suas opiniões e sábios conselhos no desenvolvimento do projeto.

Em segundo lugar, queria agradecer à empresa Bosch Car Multimédia, em especial à chefe de secção Maria Conceição Castro, pela oportunidade que me concedeu para a realização deste trabalho no seio da empresa, bem como aos meus colegas de trabalho Rui Costa e Eurico Damásio por todas as opiniões e conselhos que me deram durante o desenvolvimento do projeto bem como durante a fase de testes na produção.

Não posso deixar também de exprimir a minha gratidão para com o meu amigo de longa data André Reis por todos os conhecimentos e conselhos que me deu na área da informática e computadores durante os anos em que nos conhecemos.

Queria também agradecer especialmente à Fernanda, pelo seu apoio, motivação incondicional e pela sua compreensão, quer durante esta longa jornada de trabalho, quer durante todo o tempo que já partilhámos juntos e que ainda havemos de partilhar.

Por último, agradeço a todos os meus familiares, em especial aos meus pais, irmão e cunhada pela ajuda, carinho e atenção na realização deste trabalho e durante toda a minha vida académica.

Resumo

Com um mercado automóvel cada vez mais competitivo e com os construtores automóveis à procura de atingir os zero defeitos nos seus produtos, a Bosch Car Multimédia Portugal S.A, fabricante de sistemas multimédia para o mercado automóvel, tem como objetivo a qualidade perfeita dos seus produtos.

Tal perfeição exige processos de fabrico cada vez mais evoluídos e com melhores sistemas de auxílio à montagem. Nesse sentido, a incorporação de sistemas de visão artificial para verificação da montagem correta dos componentes em sistemas multimédia tem vindo a crescer largamente.

Os sistemas de inspeção visual da Cognex tornaram-se o *standard* da Bosch para a verificação da montagem de componentes por serem sistemas bastante completos, fáceis de configurar e com um suporte técnico bastante completo. Estes sistemas têm vindo a ser integrados em diversas máquinas (postos) de montagem e nunca foi desenvolvida uma ferramenta normalizada para integração destes sistemas com as máquinas.

A ideia principal deste projeto passou por desenvolver um sistema (uma aplicação informática) que permita controlar os indicadores de qualidade destes sistemas de visão, garantir o seguimento dos produtos montados e, ao mesmo tempo, efetuar cópias de segurança de todo o sistema para utilização em caso de avaria ou de troca de equipamento.

Tal sistema foi desenvolvido recorrendo à programação de uma *Dynamic Link Library* (DLL), através da linguagem VisualBasic.NET, que permite às aplicações dos equipamentos (máquinas) da Bosch Car Multimédia comunicarem de uma forma universal e transparente com os sistemas de inspeção visual da marca Cognex. Os objetivos a que o autor se propôs no desenvolvimento deste sistema foram na sua maioria alcançados e o projeto encontra-se atualmente implementado e em execução nas linhas de produção da Bosch Car Multimédia.

Palavras-Chave

Sistemas de inspeção ótica Cognex, Visual Basic.NET, Sistemas de produção industrial, Sistemas de apoio à manutenção.

Abstract

With the increase of the competition between automotive manufacturers and the goal to achieve zero defects in their products, the manufacturer of multimedia systems Bosch Car Multimedia Portugal S.A. aims to achieve perfect quality for their products.

Such perfection requires manufacturing processes progressively more evolved and with better aid systems to the assembly process. With that goal in mind, the incorporation of artificial vision systems to confirm the correct assembly of the components in multimedia systems has been growing widely.

The Cognex vision systems have become the standard at Bosch for checking features in the assembly process due to the wide variety of inspection tools, easy setup and good technical support. These systems have been integrated into various assembly machines (stations), but a normalized tool for the integration of such systems with the stations has never been developed.

This project's main idea is to develop a system (computer software application) to allow controlling the quality indicators of the Cognex vision systems, ensure traceability of the assembled products and, at the same time, make backups of the entire system for use in case of failure or equipment change.

The system was developed by programming one Dynamic Link Library (DLL) using VisualBasic.NET programming language, to allow the software application from equipments (machines) of Bosch Car Multimedia to communicate in a universal and transparent way with the vision systems made by Cognex. The goals set forth at the beginning of the project have been achieved and the project is currently deployed and running in the production lines of Bosch Car Multimedia.

Keywords

Cognex optical inspection systems, Visual Basic.NET, Industrial production systems, Maintenance support systems

Índice

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
ÍNDICE DE EXCERTOS DE CÓDIGO	XIX
ACRÓNIMOS.....	XXI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO / CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	3
1.3. CALENDARIZAÇÃO DO TRABALHO.....	4
1.4. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	5
2. BOSCH CAR MULTIMÉDIA PORTUGAL S.A.	7
2.1. GRUPO BOSCH.....	7
2.2. BLAUPUNKT AUTO RADIO PORTUGAL, LDA.	9
2.3. BOSCH CAR MULTIMÉDIA PORTUGAL, S.A.	10
2.3.1. Instalações da Empresa [3]	11
2.3.2. Principais Clientes e Produtos [3].....	11
2.3.3. Princípios da Empresa [3].....	13
3. VISÃO ARTIFICIAL.....	15
3.1. INTRODUÇÃO À VISÃO ARTIFICIAL E SUAS APLICAÇÕES [4]	15
3.2. SISTEMAS DE VISÃO UTILIZADOS	16
3.2.1. Sensor IFM O2D220 [5]	16
3.2.2. Sensor Wenglor BS40C0W20 [6].....	19
3.2.3. Sensor Cognex In-Sight 5100-11.....	20
4. SISTEMAS SCADA	27
4.1. INSTRUMENTAÇÃO DE CAMPO [9].....	30
4.2. ESTAÇÕES REMOTAS [9].....	31
4.2.1. Comparação entre PLC e RTU	31
4.2.2. Comparação entre Sistemas Monobloco e Sistemas Modulares.....	32
4.3. REDE DE COMUNICAÇÃO [9].....	33

4.4.	CENTRAL DE MONITORAÇÃO E CONTROLO [9].....	34
4.5.	CONFIGURAÇÃO TÍPICA DOS SISTEMAS [10]	35
4.5.1.	Configuração Ponto-A-Ponto	36
4.5.2.	Configuração Ponto-A-Multiponto.....	36
5.	REQUISITOS DO PROJETO	39
5.1.	ESQUEMA DE APLICAÇÃO.....	40
5.2.	REQUISITOS ESPECÍFICOS	41
5.2.1.	Desenvolvimento do CognexComm em Visual Basic.NET.....	42
5.2.2.	Compatibilidade com Sistemas Cognex Existentes.....	42
5.2.3.	Integração Simples entre Software e Sistema	47
5.2.4.	Janela de Visualização da Inspeção em Tempo Real	47
5.2.5.	Extração de Resultados a Enviar para o MIS.....	48
5.2.6.	Monitoração de Parâmetros Críticos do Sistema	48
5.2.7.	Criação de Cópias de Segurança do Sistema	48
5.2.8.	Armazenamento da Imagem de Inspeção e do Resultado das Ferramentas de Visão.	49
5.2.9.	Atualização Automática da Interface CognexComm	49
5.3.	MEIOS NECESSÁRIOS.....	49
6.	TRABALHO REALIZADO	55
6.1.	ARQUITETURA DO SISTEMA.....	55
6.2.	FUNÇÕES E PROPRIEDADES IMPLEMENTADAS	59
6.2.1.	Função Instanciação da Classe CognexClient	60
6.2.2.	Função Envia Trigger.....	62
6.2.3.	Função Processa Job.....	62
6.2.4.	Função Lê Valor Obtido pela Cognex.....	64
6.2.5.	Função Escreve Valor para a Cognex.....	65
6.2.6.	Propriedade Verifica Estado da Ligação	66
6.2.7.	Propriedade Janela de Visualização	66
6.3.	INTERFACE COM OPERADOR.....	67
6.3.1.	Janela de Iniciação	67
6.3.2.	Menu Principal do Sistema de Visão	68
6.3.3.	Janela de Controlos Manuais	69
6.3.4.	Janela de Visualização	71
6.3.5.	Janela de Visualização das Últimas Imagens.....	72
6.3.6.	Janela de Log.....	73
7.	TESTES AO SISTEMA	75
7.1.	CARATERIZAÇÃO DO POSTO DE MONTAGEM SELECIONADO PARA EXECUTAR OS TESTES	75
7.2.	INSTALAÇÃO DO SOFTWARE NO EQUIPAMENTO	79
7.3.	TESTES EM PRODUÇÃO	82
7.4.	PROBLEMAS ENCONTRADOS	83
7.4.1.	Resultado da Inspeção Inconsistente	83
7.4.2.	Janela de Visualização Sempre em Cima	84

7.4.3.	<i>Limite de Imagens</i>	84
7.4.4.	<i>Desconexão do Sistema e Recuperação da Ligação</i>	85
8.	CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	87
8.1.	TRABALHO FUTURO.....	89
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	91
	ANEXO A. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA DLL DE ATUALIZAÇÃO AUTOMÁTICA	
	UPDATE .DLL	93
	ANEXO B. INSTALAÇÃO DOS COMPONENTES CENTRAIS IN-SIGHT DA COGNEX	95

Índice de Figuras

Figura 1	Organigrama da Robert Bosch GmbH.	8
Figura 2	Localização mundial das fábricas de CM.....	10
Figura 3	Instalações da Bosch Car Multimédia.	11
Figura 4	Portefólio de produtos da Bosch Car Multimédia Portugal, S.A.	12
Figura 5	Principais destinos dos produtos produzidos.....	13
Figura 6	Sistema de visão IFM O2D220.	17
Figura 7	Iluminador infravermelho do sistema IFM O2D220.....	18
Figura 8	Sistema de visão Wenglor BS40C0W20.....	19
Figura 9	Sistema de visão Cognex In-Sight 5100-11.	21
Figura 10	In-Sight Explorer – Modo <i>SpreadSheet</i>	23
Figura 11	In-Sight Explorer – Modo <i>EasyBuilder</i>	24
Figura 12	Composição de um sistema SCADA típico [7].	28
Figura 13	Componentes de um sistema SCADA [10].	29
Figura 14	Configuração de um sistema SCADA [9].	30
Figura 15	Sistema monobloco (compacto).	32
Figura 16	Sistema modular.....	32
Figura 17	Exemplo de um HMI de um processo industrial [11].	35
Figura 18	Esquema de aplicação do sistema.	41
Figura 19	Sensor Cognex In-Sight 5100-11.	43
Figura 20	Sensor Cognex In-Sight 5403-11.	44
Figura 21	Sensor Cognex In-Sight 5605-11.	44
Figura 22	Sensor Cognex In-Sight Micro 1100-11.	45
Figura 23	Sensor Cognex In-Sight Micro 1100-C11.....	45
Figura 24	Visualização da inspeção em tempo real.....	47
Figura 25	<i>Software</i> Visual Studio 2010 Ultimate.	50
Figura 26	<i>Software</i> Cognex In-Sight Explorer.	51
Figura 27	Licença In-Sight SDK.	51
Figura 28	Sistema de inspeção In-Sight Micro 1100-11.	52
Figura 29	Cabo de comunicação Ethernet Cognex.....	52
Figura 30	Fonte de Alimentação POE.	53
Figura 31	Ícone da CognexComm na bandeja do Windows.....	56
Figura 32	Arquitetura do sistema CognexComm.	57
Figura 33	Estrutura de ficheiros da CognexComm.	58
Figura 34	Fluxograma da iniciação da classe <i>CognexClient</i>	61

Figura 35	Fluxograma da função <code>SendTrigger</code>	62
Figura 36	Fluxograma da função <code>ProcessJob</code>	63
Figura 37	Exemplo das etiquetas simbólicas.	64
Figura 38	Fluxograma de funcionamento da função <code>GetCellOrTag</code>	64
Figura 39	Fluxograma de funcionamento da função <code>SetCellOrTag</code>	65
Figura 40	Janela de visualização da inspeção em tempo real.	66
Figura 41	Janela de iniciação (com erros).	67
Figura 42	Menu de listagem dos sistemas de visão iniciados.	68
Figura 43	Menu principal do sistema de visão.	68
Figura 44	Janela de controlos manuais.	70
Figura 45	Janela de visualização.....	72
Figura 46	Janela de controlos visualização das últimas imagens.	73
Figura 47	Janela de <i>log</i>	74
Figura 48	Inspeção do conector do altifalante.	76
Figura 49	Inspeção das <i>foils</i> do <i>display</i>	76
Figura 50	Posto de montagem AMF140.....	77
Figura 51	Localização dos sistemas de visão no posto AMF140.	78
Figura 52	Interface gráfica do <i>software</i> “Workbench ASI V2”.....	79
Figura 53	Inicialização da interface CognexComm no posto de testes.	83

Índice de Tabelas

Tabela 1	Calendarização final do trabalho.....	5
Tabela 2	Características técnicas do sensor IFM O2D220.....	18
Tabela 3	Características técnicas do sensor Wenglor BS40C0W20.	20
Tabela 4	Características técnicas do sensor Cognex In-Sight 5100-11.....	22
Tabela 5	Comparação dos sistemas Cognex existentes na Bosch Car Multimédia.	46
Tabela 6	Sistemas de inspeção Cognex presentes no posto AMF140.	78

Índice de Excertos de código

Excerto de código 1	Funções e propriedades implementadas	59
Excerto de código 2	Instanciação da classe <code>CognexClient</code>	60
Excerto de código 3	Instanciação dos sistemas de visão.....	80
Excerto de código 4	Colocação da janela do visualizador visível.....	80
Excerto de código 5	Processa um <i>Job</i> de inspeção	80
Excerto de código 6	Recolha dos dados resultantes da inspeção	81
Excerto de código 7	Colocação da janela do visualizador oculta	81
Excerto de código 8	Libertação dos recursos alocados a cada sistema de visão	81

Acrónimos

API	–	<i>Application Programming Interface</i>
BPS	–	<i>Bosch Production System</i>
CD	–	<i>Compact Disk</i>
DLL	–	<i>Dynamic Link Library</i>
ESD	–	<i>Electrostatic Sensitive Device</i>
ESP	–	<i>Electronic Stability Program</i>
EUA	–	Estados Unidos da América
FOV	–	<i>Field of View</i>
FPS	–	<i>Frames Per Second</i>
GSM	–	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HMI	–	<i>Human Machine Interface</i>
HTTP	–	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
I/O	–	<i>Input / Output</i>
MIS	–	<i>Manufacturing Information System</i>
MP3	–	<i>Moving Picture Experts Group Layer 3</i>
OCR	–	<i>Optical Character Recognition</i>
OCV	–	<i>Optical Character Verification</i>
PCB	–	<i>Printed Circuit Board</i>

- PLC – *Programmable Logic Controller*
- POE – *Power Over Ethernet*
- RTU – *Remote Terminal Unit*
- SCADA – *Supervisory Control And Data Acquisition*
- SDK – *Software Development Kit*

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO / CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente as empresas procuram que os seus processos produtivos sejam o mais fiáveis possíveis, permitindo produzir os seus produtos à primeira, cumprindo os tempos de ciclo estabelecidos e com qualidade perfeita. Dependendo do tipo de indústria e das metodologias de produção adotadas pelas empresas, os processos de montagem podem ser totalmente automatizados, recorrendo a robôs e a sistemas avançados de automação ou podem ser processos de índole manual, dependendo unicamente da experiência e formação dos colaboradores para realizar o conjunto de tarefas em questão.

Na última década, com os avanços das tecnologias da informação e com a redução de custos dos sistemas informáticos, têm aparecido sistemas produtivos semiautomáticos em que existe um computador (ou uma unidade de processamento) que executa uma aplicação informática e um conjunto de diferentes tipos de sensores e atuadores ligados à unidade de processamento que dá indicações das várias etapas do processo produtivo ao operador e que o guia de forma a executar o processo manualmente sempre da mesma forma.

Contudo, mesmo recorrendo a sistemas semiautomáticos de montagem bastante complexos, treinando e formando devidamente os operadores de montagem, com as altas cadências de produção, com a rotatividade nos postos de trabalho e com a complexidade das

tarefas envolvidas, surge a necessidade de confirmar após a realização desses processos se os mesmos foram executados de forma correta e dentro dos limites de processo estabelecidos.

Nesse sentido, e com a evolução dos sistemas de visão artificial, os processos produtivos começaram a ser dotados destes sistemas para controlo e verificação, garantindo que determinados parâmetros e características são cumpridos.

Os sistemas de visão artificial captam imagens do produto durante as várias etapas do processo, processam essas imagens de acordo com um programa previamente elaborado e atribuem uma classificação à montagem, permitindo que a mesma continue caso tudo esteja dentro dos limites especificados ou interrompendo o processo de montagem caso algo esteja errado.

Fruto dos altos níveis de qualidade e de controlo exigidos ao processo produtivo, aparece a necessidade de dotar o processo produtivo, nas suas diferentes etapas de um sistema de rastreabilidade do processo e do produto que verifique se a cadeia do processo produtivo está a ser cumprida e que assegure que um determinado produto só possa ser produzido num posto caso tenha passado pelo posto anterior com uma classificação positiva (e caso todas as inspeções óticas tenham sido verificadas com sucesso).

Por outro lado, a produção em série e a busca de aquisição de matérias-primas mais económicas e com melhores relações de qualidade-preço, leva a que existam flutuações nas características físicas das matérias-primas, o que, por sua vez, faz com que os sistemas de visão artificial que verificam as matérias-primas sejam obrigados a possuir características adaptativas aos diferentes tipos de matéria-prima existentes ou que sejam ajustados os seus parâmetros sempre que existem flutuações nos materiais.

Na vanguarda de todas estas tecnologias e avanços encontram-se quase sempre associadas as grandes empresas multinacionais que pretendem tornar os seus processos cada vez mais “perfeitos”. Sendo a Bosch uma marca de renome internacional, com uma grande diversidade de áreas de negócio, primando sempre pelos elevados padrões de qualidade associados aos seus produtos, a procura pelo “sistema ideal” e a melhoria contínua faz com que os seus sistemas produtivos estejam em constante evolução.

Tendo por base as ideias expostas, a realização deste trabalho surge de uma necessidade específica da Bosch Car Multimédia de elaborar uma plataforma de comunicação universal entre os sistemas de inspeção ótica (visão artificial) que se encontram instalados nas suas linhas de fabrico e as respetivas máquinas de produção. Esta plataforma irá dotar os sistemas de inspeção ótica com novas ferramentas, de forma a tornar estes equipamentos mais eficientes, adaptativos e com novas funcionalidades, com vista à melhoria dos seus processos produtivos, facilidade no comissionamento dos sistemas e da manutenção aos mesmos.

Face à procura incessante pela normalização dos processos produtivos e do parque de máquinas, de forma a incrementar a flexibilidade e interoperabilidade das linhas de produção, bem como à redução dos *stocks* em peças sobresselentes, a Bosch Car Multimédia possui especificações em relação ao tipo de equipamentos que se utilizam em determinadas funções. Uma destas especificações [1] determina o tipo de sistemas que se podem utilizar para a inspeção ótica nos sistemas de montagem, designadamente, nos sistemas de inspeção In-Sight da marca Cognex. Tal facto irá ser evidente durante esta dissertação pois todos os desenvolvimentos serão feitos em torno deste tipo de sistemas e compatibilizados para os mesmos.

1.2. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

A realização da tese, parte integrante do plano de estudos do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, é o culminar de um percurso de aprendizagem onde foram adquiridas e sedimentadas diferentes temáticas em diversas áreas da eletrotecnia e dos computadores. Por esse motivo, o autor considerou que seria preferível se a escolha do tema da dissertação fosse de encontro às temáticas aprendidas durante o curso de Mestrado, de forma a consolidar os conhecimentos adquiridos e a possibilitar ao mesmo tempo a aprendizagem de novas áreas e disciplinas.

Desta forma a dissertação deveria ser baseada numa plataforma de *hardware* onde fossem explorados os conceitos da eletrotecnia e dos sistemas de automação, bem como a integração desse mesmo *hardware* com plataformas computacionais.

A oportunidade de desenvolver um projeto numa empresa de grande dimensão, como é o caso da Bosch Car Multimédia, tornou-se um fator decisivo, quer por se tratar do desenvolvimento de um sistema que lide com todas as adversidades a nível industrial (deve possuir um grande desempenho e disponibilidade), bem como pela possibilidade de poder

desenvolver um projeto útil para o funcionamento da empresa de forma a melhorar os seus processos produtivos (isto seria, do ponto de vista do autor, uma mais-valia).

O principal objetivo deste projeto é o desenvolvimento de uma plataforma de *software* que atue como uma interface entre os sistemas de inspeção óptica (*hardware*) e os respetivos sistemas de produção (*software* de controlo do equipamento). Esta necessidade do sistema produtivo da Bosch Car Multimédia surge do aumento deste tipo de sistemas de inspeção óptica nas suas linhas de produção e da dificuldade de integração destes mesmos sistemas com os sistemas produtivos já existentes.

Desta forma, a criação desta plataforma e de toda a documentação de suporte irá servir de suporte tanto às empresas que fazem o comissionamento das máquinas e necessitam de instalar este tipo de equipamento, como às equipas de manutenção que necessitam de configurar / alterar / manter este tipo de equipamentos.

No seu todo, trata-se de um projeto interessante, bastante ambicioso e com alto teor prático, que após concluído serve de plataforma base para os sistemas de inspeção óptica dos sistemas de montagem da Bosch Car Multimédia, permitindo que novas funcionalidades e requisitos rapidamente possam ser integradas nela de uma forma rápida e transversal a todos os sistemas existentes na fábrica.

1.3. CALENDARIZAÇÃO DO TRABALHO

O desenvolvimento de um trabalho desta dimensão necessitou de um plano de tarefas que permitisse uma orientação temporal do desenvolvimento de forma a cumprir com todos os objetivos propostos. Desta forma, foi elaborado o seguinte mapa de tarefas indicando a sequência das tarefas e qual o seu prazo de desenvolvimento. Este calendário (Tabela 1) sofreu alguns ajustes ao longo do desenvolvimento do projeto pelo que se lista aqui a sua versão final.

Tabela 1 Calendarização final do trabalho.

	Set 12	Out 12	Nov 12	Dez 12	Jan 13	Fev 13	Mar 13	Abr 13	Mai 13	Jun 13	Jul 13	Ago 13	Set 13	Out 13
Análise de requisitos														
Análise dos sistemas Cognex														
Análise dos sistemas SCADA														
Análise de programação com VB.NET														
Aquisição de <i>software</i> In-Sight SDK														
Desenvolvimento do <i>software</i>														
Testes em produção														
Lançamento da versão final														
Redação da dissertação														

1.4. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Esta dissertação encontra-se dividida em oito capítulos para descrever de uma forma clara e evidente todas as ideias e conceitos subjacentes à automatização de um sistema de inspeção Cognex, baseando-se no desenvolvimento e estudo de ferramentas informáticas. A organização deste documento deve permitir que qualquer pessoa da área científica da Engenharia Eletrotécnica possa, após a sua leitura, compreender todas as temáticas envolvidas.

Desta forma, o primeiro capítulo é constituído por uma breve introdução ao tema, que contém o enquadramento do problema, os objetivos e propósitos gerais que se pretende alcançar e a organização do presente documento.

No segundo capítulo é apresentada a empresa Bosch Car Multimédia, fazendo-se uma breve descrição da empresa, do seu processo produtivo e do enquadramento dos sistemas de inspeção Cognex e da necessidade de automatização dos mesmos no seio do seu processo produtivo.

No terceiro capítulo são apresentados os sistemas de visão artificial industriais em geral e as suas aplicações mais usuais. São também apresentados os diferentes sistemas de visão artificial existentes na Bosch Car Multimédia, em particular os sistemas Cognex que são o objeto principal de estudo nesta tese.

O quarto capítulo descreve sucintamente os sistemas de supervisão, controlo e aquisição de dados (SCADA), as suas principais características e funcionalidades, enquadrando o projeto de automatização dos sistemas de inspeção Cognex no contexto destes sistemas.

No quinto capítulo é apresentada a lista de requisitos específicos do projeto de desenvolvimento de *software*, de todos os objetivos que este deve alcançar e dos meios a que recorrer para atingir tais objetivos.

No sexto capítulo são descritos todos o desenvolvimento de *software* efetuado no decorrer do projeto de automatização dos sistemas de inspeção Cognex, são detalhados todos os módulos elaborados, todas as opções consideradas, meios utilizados e respetivos problemas / soluções encontradas para alcançar os objetivos descritos no quinto capítulo. Uma vez que vão ser apresentados diferentes módulos de *software*, em que cada um realiza uma tarefa específica no contexto do sistema de automatização final, estes apenas fazem sentido quando conjugados entre si na aplicação de *software*.

No sétimo capítulo, após o desenvolvimento do sistema estar concluído, é descrita a bateria de testes que foi realizada de forma a testar o desempenho da solução final, de todas as funcionalidades implementadas e de todos os erros encontrados durante os testes do sistema.

Para finalizar, no capítulo oito é exposto um conjunto de conclusões e observações relativas a o trabalho realizado, de forma a enquadrá-lo com os objetivos iniciais. São também expostas diversas melhorias futuras a incluir no projeto de forma a complementar e melhorar a solução final alcançada.

2. BOSCH CAR MULTIMÉDIA PORTUGAL S.A.

O grupo multinacional Bosch é uma das sociedades industriais privadas com maior expressão a nível mundial. A Bosch opera em diversas áreas tais como a indústria automóvel, a tecnologia industrial (automação industrial e equipamentos de embalagem), tecnologias de construção e *bricolage* (ferramentas elétricas) e na produção de bens de consumo (eletrodomésticos, termotecnologia e sistemas de segurança).

2.1. GRUPO BOSCH

O grupo Bosch é composto pela Robert Bosch GmbH e pelas suas 350 subsidiárias, espalhadas por mais de 60 países em todo o mundo. Caso sejam incluídos os parceiros de serviços e vendas, o número de países com representação do grupo Bosch ascende aos 150.

A empresa mãe foi criada em Estugarda em 1886 por Robert Bosch intitulada como “Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica”. Atualmente, a Robert Bosch GmbH é constituída de acordo com o organigrama apresentado na Figura 1.

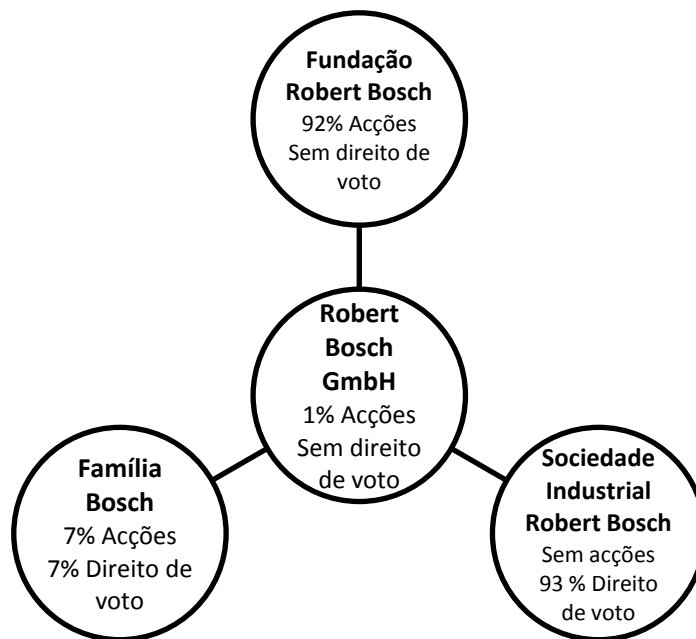


Figura 1 Organograma da Robert Bosch GmbH.

A Robert Bosch GmbH é uma empresa privada em que 92% do capital acionista é detido pela Robert Bosch Stiftung GmbH, uma fundação de solidariedade e cariz social sem fins lucrativos inspirada no espírito que sempre orientou o fundador Robert Bosch. Esta fundação utiliza os dividendos das empresas apenas para fins de beneficência social e tem como objetivo o desenvolvimento de áreas de formação, cultura, ciências e arte. As restantes ações são detidas pela família Bosch. A maioria dos direitos de voto (93%) da Robert Bosch GmbH é detida pela Robert Bosch Industrietreuhand KG uma sociedade industrial que garante o crescimento e desenvolvimento do grupo.

Atualmente a Bosch emprega a nível mundial mais de 306000 colaboradores e gera um volume anual de vendas de 52,5 biliões de euros (em 2012) possuindo 264 fábricas espalhadas pelo globo. Sendo um dos pilares base do crescimento do grupo a aposta na inovação, a Bosch investiu em 2012 cerca de 4,5 biliões de euros em investigação e desenvolvimento, resultando em 4700 pedidos de patentes a nível mundial [2].

O grupo Bosch possui uma filial em Portugal, distribuída por 5 localizações, e emprega cerca de 3840 colaboradores. Em 2011 foi celebrado a nível nacional o centenário da existência da representação da marca Bosch em Portugal.

Em Portugal o grupo Bosch é representado pelas seguintes unidades de produção:

- Bosch Car Multimédia Portugal S.A em Braga que produz auto-rádios, sistemas de navegação e outros equipamentos eletrónicos.

- Bosch Security Systems – Sistemas de Segurança S.A em Ovar que produz equipamentos de segurança (câmaras de videovigilância).
- Bosch Termotecnologia S.A. em Aveiro que produz esquentadores, caldeiras e sistemas solares térmicos.

Quase todo o volume de vendas destas unidades de produção se destina ao mercado internacional, tendo gerado em 2011 um volume de vendas anual de 1,05 biliões de euros.

O grupo é também representado pela Robert Bosch S.A e Robert Bosch Portugal, SGPS, S.A. (empresa comercial) e por uma participação de 50% na filial da BSHP Eletrodomésticos, S.U, Lda. juntamente com a Siemens.

2.2. BLAUPUNKT AUTO RADIO PORTUGAL, LDA.

Em 1923, em Berlim, foi fundada uma empresa conhecida como “Ideal”, tendo essa empresa iniciado a sua atividade produzindo auscultadores. Cada um dos seus produtos era inspecionado e testado minuciosamente de forma a controlar a sua qualidade. Sempre que um produto passava nos testes os inspetores colocavam um símbolo que indicava que tinha ultrapassado com sucesso os testes de qualidade. Esse símbolo era um ponto azul que, com o tempo, tornou-se a imagem de marca da empresa e posteriormente levaria à alteração do nome da empresa para Blaupunkt (que significa ponto azul em alemão). Em 1933 a empresa Blaupunkt foi comprada pelo grupo Bosch e após a Segunda Guerra Mundial a sua sede foi transferida para Hildesheim na Alemanha.

Em Abril de 1990 a Blaupunkt criou uma unidade de produção industrial para produção e comercialização de aparelhos da marca Grundig em Braga, que resultou de uma *joint-venture*. Essa unidade de produção industrial, designada como Blaupunkt Auto-Rádio Portugal, Lda., produziu exclusivamente auto-rádios da marca Blaupunkt durante duas décadas, tornando-se a maior unidade produtiva de auto-rádios da Europa.

Com o crescimento da empresa, a empresa empenhou-se em se qualificar fornecedor para a indústria automóvel, obtendo as certificações em áreas essenciais como a Qualidade (ISO/TS 16949), Higiene e Segurança (OHSAS 18001) e Ambiente (ISO 14001 e EMASIII). Paralelamente, a empresa aposta no desenvolvimento das suas competências e torna-se uma *benchmark* na área da produção eletrónica.

Em 2009 a marca Blaupunkt foi vendida pelo grupo Bosch ao grupo alemão Aurelius, e foi cessada a produção de auto-rádios para o *aftermarket*. A partir dessa data a unidade de produção de Braga adotou a designação Bosch Car Multimédia Portugal S.A. e focou-se essencialmente na produção de equipamentos originais de multimédia para a indústria automóvel.

Durante este percurso surgiram diversos marcos que notabilizaram a história da Blaupunkt tais como: o primeiro leitor de *Compact Disks* (CD) num automóvel, o primeiro auto-rádio digital com suporte de ficheiros musicais *Moving Picture Experts Group Layer 3* (MP3), etc. A empresa primou por liderar o mercado, apostando no desenvolvimento e constante evolução tecnológica. No início do século XXI foi quebrada a barreira da produção de 100 milhões de auto-rádios da marca.

2.3. BOSCH CAR MULTIMÉDIA PORTUGAL, S.A.

A Bosch Car Multimédia Portugal, S.A (BrgP) é a principal unidade produtiva da divisão multimédia automóvel (CM) da Bosch e a maior unidade do grupo Bosch em Portugal. A divisão de CM está integrada na área de negócios de Tecnologia Automóvel do Grupo Bosch e tem diversos centros de produção espalhados pelo mundo (Figura 2).



Figura 2 Localização mundial das fábricas de CM.

As empresas da divisão de CM são parte integrante de uma rede de produção internacional, trabalhando para alcançar a visão “Driving Convenience” que pretende oferecer ao condu-

tor a integração entre sistemas de navegação, entretenimento e informação no interior de cada veículo. Esta visão é sustentada e assegurada pelo desenvolvimento de soluções inovadoras, pelo alto nível de qualidade dos produtos, pelos custos de produção competitivos e pela orientação para o cliente.

A unidade de Braga possuía aproximadamente 2400 colaboradores em 2011 que contribuíam para a produção de mais de 5,8 milhões de equipamentos eletrónicos num só ano, gerando um volume de vendas de 651 milhões de euros.

2.3.1. INSTALAÇÕES DA EMPRESA [3]

As instalações da Bosch em Braga ocupam uma área equivalente a 66 000 m², que inclui a área de receção e armazenamento de matérias-primas, a área de produção (que contém 2 pisos), a área de armazenamento do produto acabado, a área de expedição, entre outras áreas administrativas, de desenvolvimento e de engenharia tal como se pode observar na Figura 3.



Figura 3 Instalações da Bosch Car Multimédia.

2.3.2. PRINCIPAIS CLIENTES E PRODUTOS [3]

No seguimento da venda da marca Blaupunkt ao grupo alemão Aurelius e com a reorganização da divisão de CM do Grupo Bosch, a Bosch Car Multimédia Portugal S.A. implementou uma estratégia de diversificação da sua gama de produtos, utilizando o *know-how* e

as competências adquiridas e desenvolvidas durante a sua história, descobrindo novas tecnologias e angariando novos clientes dentro e fora do Grupo Bosch.

Ao fabrico de auto-rádios juntaram-se os sistemas de navegação, os sensores de ângulo da coluna de direção do automóvel para o *Electronic Stability Program* (ESP), as consolas de *display*, os sistemas de assistência à condução de veículos pesados, entre outros. Na Figura 4 é possível consultar o portefólio de alguns dos produtos da empresa.



Figura 4 Portefólio de produtos da Bosch Car Multimédia Portugal, S.A.

Fruto da diversificação do mercado, a empresa apostou ainda em negócios fora da área de CM e da área automóvel, tais como os controladores eletrónicos para esquentadores, blocos eletrónicos para eletrodomésticos, antenas, entre outros. Esta estratégia contribuiu para o fortalecimento da unidade de Braga e para o crescimento de negócio sentido nos últimos anos.

A unidade de Braga é uma unidade de produção para exportação. Mais de 95% dos seus produtos são exportados maioritariamente para o mercado europeu, sendo também exportados para os Estados Unidos da América (EUA), México, Brasil, China, Rússia, Argentina, Japão e Coreia do Sul (Figura 5), posicionando-se como um dos principais exportadores nacionais.

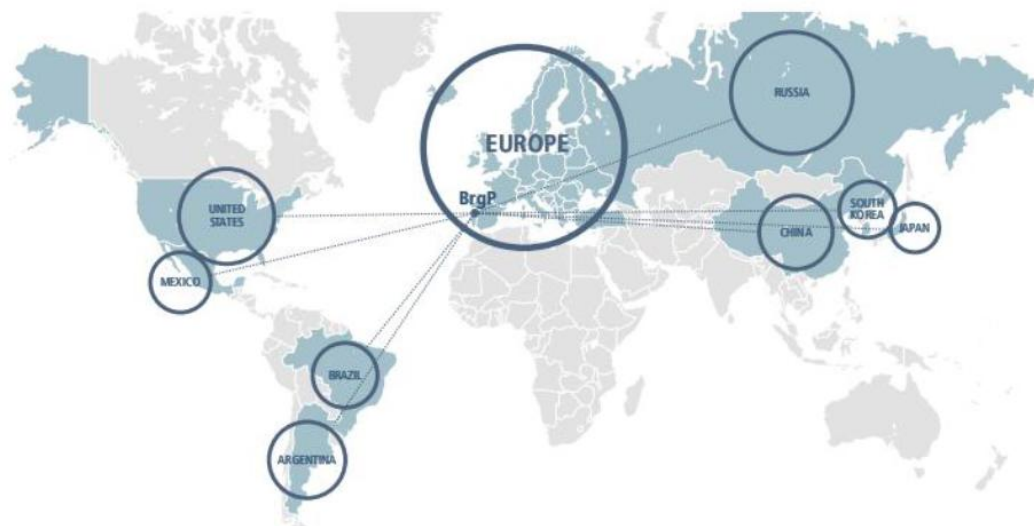


Figura 5 Principais destinos dos produtos produzidos.

Como principais concorrentes, a Bosch Car Multimédia Portugal, S.A., tem de se confrontar com empresas do sector eletrónico tais como a Becker, Continental, TomTom, Denso, Aisin, Alpine, Clarion/Xanavi, Visteon, Panasonic e Delphi. Esta última é uma empresa vizinha com quem a unidade da Bosch em Braga tem relação próxima e privilegiada.

2.3.3. PRINCÍPIOS DA EMPRESA [3]

A Bosch é uma empresa de referência mundial e, conseqüentemente, atua segundo um modelo de excelência na orientação ao cliente e na gestão por processos. O *Bosch Production System* (BPS) pretende abordar filosofias e princípios de produção limpa, sendo que este sistema de produção tem por base o famoso sistema de produção iniciado pela Toyota no Japão.

Este sistema de produção assenta em 8 pilares fundamentais:

1. Orientação para o processo – criar, controlar e otimizar os processos globais, sempre com os objetivos orientados às necessidades do cliente.
2. Princípio de puxar (“*Pull*”) – produzir apenas o exigido pelo cliente. Os *stocks* geram custos elevados e como tal a produção só deve ser iniciada quando o cliente solicita um pedido.

3. Qualidade perfeita – objetivo de zero defeitos. A prevenção dos erros é sempre privilegiada face à sua deteção. Através de medidas preventivas e de controlo sistemático, evita-se a repetição dos erros, executando corretamente a tarefa.
4. Flexibilidade – rápida adaptação às necessidades dos clientes através de tempos de mudança baixos, de linhas de produção e colaboradores flexíveis. Assim, rentabiliza-se o espaço de fábrica e o equipamento, minimizando os custos operacionais.
5. Normalização – a normalização é um requisito fundamental para processos com flexibilidade e sob controlo; impõe processos normalizados que são testados e ensaiados previamente de forma a executar sempre a mesma tarefa da mesma forma.
6. Melhoria Contínua – não existe nenhum processo que não possa ser melhorado; todos os processos estão em constante evolução, permitindo a redução dos desperdícios e a rentabilização dos meios.
7. Transparência – todos conhecem as suas tarefas e objetivos e qualquer desvio face aos objetivos é visível a todos de uma forma clara e transparente.
8. Auto responsabilidade – envolvimento e responsabilização dos colaboradores cria oportunidades de qualificação e desenvolvimento. Cada um é convidado e motivado a participar ativamente no processo de melhoria, dando o seu contributo para o sucesso da organização.

Conclusão do capítulo

Neste capítulo foi apresentada a empresa Bosch Car Multimédia bem como os seus marcos históricos, a sua organização, os seus clientes, e o portefólio de produtos produzidos. Foram também apresentados os princípios da empresa.

De seguida serão apresentados os sistemas de visão artificial, uma breve introdução histórica e quais os tipos de sistemas de visão artificiais existentes na Bosch Car Multimédia S.A.

3. VISÃO ARTIFICIAL

Neste capítulo vão ser apresentados os sistemas de visão artificial, fazendo-se uma breve introdução ao seu aparecimento e possibilidades de utilização. De seguida, são apresentados os sistemas de visão existentes nas linhas de montagem da Bosch Car Multimédia S.A. e, por fim, são apresentados os sistemas de visão artificial da Cognex, que são os sensores padrão para inspeção de montagens.

3.1. INTRODUÇÃO À VISÃO ARTIFICIAL E SUAS APLICAÇÕES [4]

Desde os primórdios da ciência que a observação visual teve um papel preponderante. Nesse tempo, a única forma de documentar os resultados de uma experiência era a descrição escrita e desenhada dos resultados. O grande passo nesta área surge com a invenção da fotografia que possibilitou aos cientistas documentar o seu trabalho objetivamente. Três exemplos proeminentes da aplicação científica da fotografia são a astronomia, a cartografia e a física atômica.

Os astrónomos foram capazes de medir posições e magnitudes de estrelas e planetas e os cartógrafos conseguiram produzir mapas topográficos a partir de imagens aéreas. Procurando inúmeras imagens de partículas e das suas reações foi possível descobrir novas partículas na física. Estes processos de análise manual de imagem consumiam bastante tempo aos cientistas. Desta forma, foram desenvolvidos alguns sistemas opto-mecânicos automá-

ticos ou semiautomáticos de forma a automatizar certos processos. Contudo, estes sistemas foram criados para tarefas específicas.

Atualmente, encontramos-nos no meio de uma revolução provocada pelo rápido desenvolvimento das tecnologias de vídeo e de processamento. Os processadores tornaram-se mais rápidos e capazes de processar imagens sem qualquer problema, tendo sido desenvolvidos sistemas de *hardware* e *software* capazes de lidar com imagens, sequências de imagens ou mesmo com imagens a 3 dimensões.

Os sistemas de visão artificial surgem então desta evolução, permitindo embeber num único sistema a capacidade de adquirir uma imagem, processar essa imagem de acordo com um determinado conjunto de parâmetros e regras e validar o resultado de acordo com os critérios estabelecidos.

Na indústria estes sistemas começam atualmente a substituir sobre os sistemas de inspeção manual e o seu crescimento tem sido bastante acentuado devido à procura de produtos de melhor qualidade a custos reduzidos.

Nesse sentido, vão ser apresentados os sistemas de visão existentes na unidade de produção de Braga da Bosch e as tendências atuais e futuras dos sistemas a implementar nos postos de montagem das linhas de produção da unidade fabril.

3.2. SISTEMAS DE VISÃO UTILIZADOS

Nas linhas de montagem da Bosch Car Multimédia Portugal S.A. encontram-se instalados alguns sistemas de visão artificial para confirmação do processo de montagem. Estes sistemas de inspeção foram surgindo com a evolução natural dos equipamentos de produção e, nos últimos anos, é raro o posto de montagem que não tenha um ou mais sistemas de visão incorporados.

3.2.1. SENSOR IFM O2D220 [5]

Em 2009 surge a necessidade, num dos postos de montagem da fábrica, de detetar a presença ou ausência de uma pequena chapa metálica que estava presente num produto e que garantia a proteção do produto contra as descargas electrostáticas, uma vez que se tratava de um produto que continha componentes *Electrostatic Sensitive Device* (ESD). Para tal

foi instalado pelo fornecedor do equipamento um sistema de visão da marca IFM modelo O2D220. Na Figura 6 é possível observar um sensor deste tipo.



Figura 6 Sistema de visão IFM O2D220.

Este sistema de visão executa o reconhecimento de objetos através da detecção de contornos, definidos anteriormente com uma imagem de um produto padrão e que se encontra guardado na memória do sistema de visão. A sua programação é feita através do *software* IFM Object Recognition 3.5, que pode ser descarregado gratuitamente através da página da IFM [5].

A comunicação do equipamento de produção com este tipo de sistema de visão é feita através de entradas e saídas digitais, permitindo seleccionar o tipo de objeto a procurar, enviando *triggers* para inspeção e obtendo o resultado da mesma. Para programar o sistema é utilizada uma ligação Ethernet entre o sistema de visão e o computador que irá programar o sistema.

Este sensor de visão deixou de ser escolhido para novos equipamentos devido ao seu reduzido número de funcionalidades de visão (apenas deteta contornos conhecidos e localizados sempre no mesmo sítio) e à falta da possibilidade de visualizar a inspeção em tempo real, passando a ser substituído por sistemas de visão da marca Cognex.

A Tabela 2 indica as principais características deste sistema de visão.

Tabela 2 Características técnicas do sensor IFM O2D220.

Resolução de imagem	$640 \times 480 \text{ pixels}$
Tipo de sensor de imagem	Monocromático
Resolução do sistema	0,4 mm para um campo de visão de $64 \times 48 \text{ mm}$
Nº máximo de programas de inspeção	4
Ferramentas de inspeção	Deteção de contornos
Referenciação das ferramentas de visão	Não
Comunicação com equipamento de produção	Entradas / saídas digitais
Comunicação com equipamento de configuração	Ethernet
Sistema de iluminação	Luz infravermelha 850 nm
<i>Software</i> de programação	IFM Object Recognition 3.5
Custo aproximado	$\pm 500 \text{ €}$

Este sistema de visão possui um sensor de imagem monocromático e comporta um pequeno iluminador de luz infravermelha acoplado ao sistema (Figura 7) que permite iluminar o objeto a inspecionar, tentando eliminar possíveis interferências da iluminação externa na captura de imagens.



Figura 7 Iluminador infravermelho do sistema IFM O2D220.

3.2.2. SENSOR WENGLOR BS40C0W20 [6]

Fruto da transferência de uma linha de produção de sistemas de navegação da fábrica de Hildesheim na Alemanha para Braga, surgiu um novo tipo de sistemas de visão, o sistema BS40C0W20 da marca Wenglor. Este sistema encontrava-se instalado num dos postos dessa linha e detetava a presença de uma fita adesiva amarela responsável por segurar um cabo dentro do sistema de navegação.

A particularidade deste sistema de visão em relação ao IFM O2D220 assenta na oferta de mais ferramentas de inspeção e na possibilidade da deteção da cor dos objetos, uma vez que este tipo de sensor de imagem é “a cores”.

Apesar de ser um sistema com mais funcionalidades e que se supunha de qualidade superior, com o decorrer do tempo foram surgindo problemas relacionados com as diferenças cromáticas dos padrões em relação à cor real motivadas pela mudança de lote de matéria-prima ou pelas mudanças na iluminação do posto de montagem. Em suma, ocorriam frequentemente problemas e era necessário ajustar frequentemente o programa de inspeção.

Na Figura 8 é possível observar um sistema de visão Wenglor BS40C0W20.



Figura 8 Sistema de visão Wenglor BS40C0W20.

À semelhança do seu antecessor, este sistema também possui iluminação integrada no sistema, que neste caso é luz de cor branca. O *software* para configuração do sistema é gratuito e pode ser descarregado através da página do fabricante [6].

Uma característica interessante deste sistema é o método de comunicação com o computador de configuração, que é feito através de uma ligação USB, facilitando assim o processo de configuração da comunicação do *software* com o sistema de visão.

Na Tabela 3 podem ser visualizadas as principais características deste sistema de visão.

Tabela 3 Características técnicas do sensor Wenglor BS40C0W20.

Resolução de imagem	640 × 480 <i>pixels</i>
Tipo de sensor de imagem	Policromático
Nº máximo de programas de inspeção	10
Ferramentas de inspeção	Deteção de presença / ausência, análise da cor, análise da forma, comparação com imagem padrão
Referenciação das ferramentas de visão	Sim
Comunicação com equipamento de produção	Entradas / saídas digitais
Comunicação com equipamento de configuração	USB
Sistema de iluminação	Luz branca
<i>Software</i> de programação	Wenglor wBS40 2.1.10
Custo aproximado	± 900 €

Este tipo de sistema de visão apenas estava instalado num posto de montagem e, dado os problemas de instabilidade que surgiram, foi substituído por um sistema da marca Cognex.

3.2.3. SENSOR COGNEX IN-SIGHT 5100-11

Em 2010 surgiu o primeiro sistema de visão da marca Cognex nas linhas de produção da Bosch Car Multimédia. Este sistema veio integrado num equipamento comprado a um fornecedor que se apresenta na Figura 9. O sistema destinava-se a inspecionar a correta ligação de uma *foil* do mecanismo de um sistema de navegação.

Inicialmente, este tipo de sistemas de visão deu bastantes problemas aos técnicos de manutenção e aos responsáveis de processo, uma vez que se tratava de um sistema bastante completo e que diferia muito do funcionamento dos sistemas de visão que existiam na fábrica.

Após receber formação específica por parte do distribuidor oficial da Cognex em Portugal (FFonseca), chegou-se à conclusão que o sistema possuía bastantes funcionalidades que seriam úteis para a inspeção da montagem de componentes e que o deixariam num patamar bastante superior em termos tecnológicos face aos seus antecessores.

Paralelamente a este ciclo de aprendizagem e formação sobre como operar com tal sistema, surgiu a necessidade de se especificar um fornecedor de sistemas de visão artificial que se tornasse o padrão para os equipamentos de montagem para negociar preços e condições especiais para a Bosch. Após um intenso processo de análise e escolha, concluiu-se que o fornecedor preferencial de sistemas de visão seria a Cognex com a sua gama de produtos In-Sight.

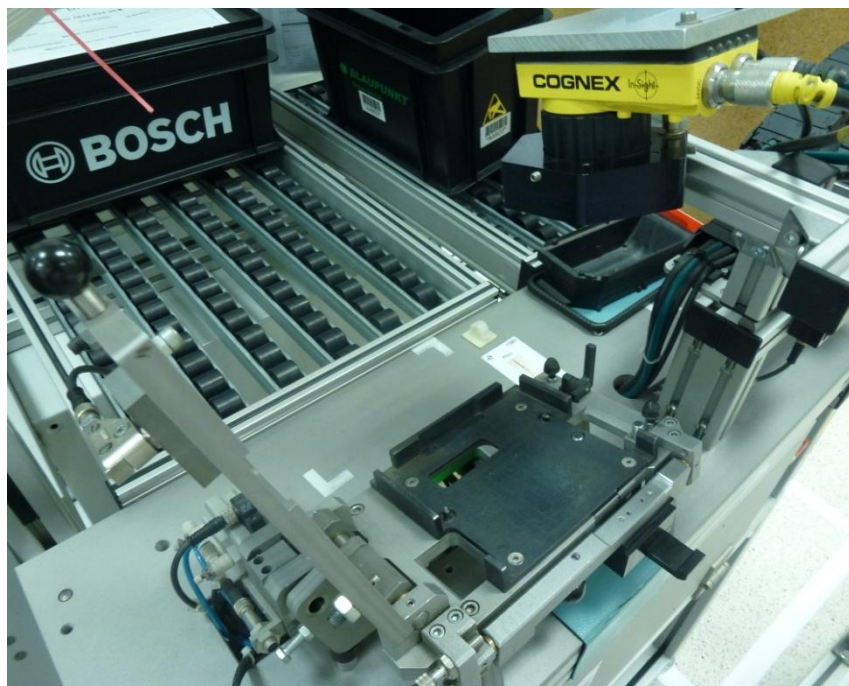


Figura 9 Sistema de visão Cognex In-Sight 5100-11.

Na Tabela 4 são apresentadas as principais características dos sistemas Cognex (modelo de referência In-Sight 5100-11).

Tabela 4 Características técnicas do sensor Cognex In-Sight 5100-11.

Resolução de imagem	640 × 480 <i>pixels</i>
Tipo de sensor de imagem	Monocromático
Nº máximo de programas de inspeção	Não tem (limite de memória do sistema)
Ferramentas de inspeção	Brilho, contraste, reconhecimento de padrões, arestas, geometria ponto-a-ponto, distância, ângulo, desenho, contornos, procura de contornos, arestas e curvas, análise do histograma e da geometria, filtros de imagem, correspondência de padrões, calibração básica, etc.
Referenciação das ferramentas de visão	Sim
Comunicação com equipamento de produção	Entradas / saídas digitais / Ethernet
Comunicação com equipamento de configuração	Ethernet
Sistema de iluminação	Não possui
<i>Software</i> de programação	In-Sight Explorer
Custo aproximado	± 3000 €

O que distingue este sistema dos sistemas apresentados anteriormente (IFM O2D220 e Wenglor BS40C0W20) é o conjunto de ferramentas de visão disponibilizadas para executar os programas de inspeção.

Este sistema é capaz de localizar uma peça dentro do seu campo de visão e referenciar todas as ferramentas de visão para a localização real da peça. Esta funcionalidade é bastante útil em sistemas em que a peça a inspecionar não esteja sempre na mesma localização. Os sistemas Cognex permitem também efetuar medições de determinadas características das peças, permitindo verificar o cumprimento de certos requisitos dos clientes.

Os sistemas de visão da Cognex são programados utilizando o *software* In-Sight Explorer, que permite configurar o sistema de visão e criar todos os programas de inspeção que o utilizador pretender.

Uma vantagem de ligar todos os sistemas Cognex na mesma rede de dados (Ethernet) é que no *software* In-Sight Explorer vão aparecer todos os sistemas de visão ligados na mesma rede e o utilizador pode, através do seu computador, alterar ou configurar qualquer um destes sistemas à distância.

Existem dois modos distintos de programar um sistema Cognex: o modo de *SpreadSheet* ou o modo de *EasyBuilder*.

Quando a Cognex surgiu, a programação dos seus sistemas de visão era feita mediante uma folha de cálculo (*SpreadSheet*) que continha todas as ferramentas de visão e que permitia definir um programa de inspeção. Na Figura 10 é possível ver o aspeto de uma folha de cálculo. À direita apresenta-se a distribuição das ferramentas de visão pela folha de cálculo e do lado esquerdo estão apresentadas todas as ferramentas de visão que se podem colocar na folha de cálculo.

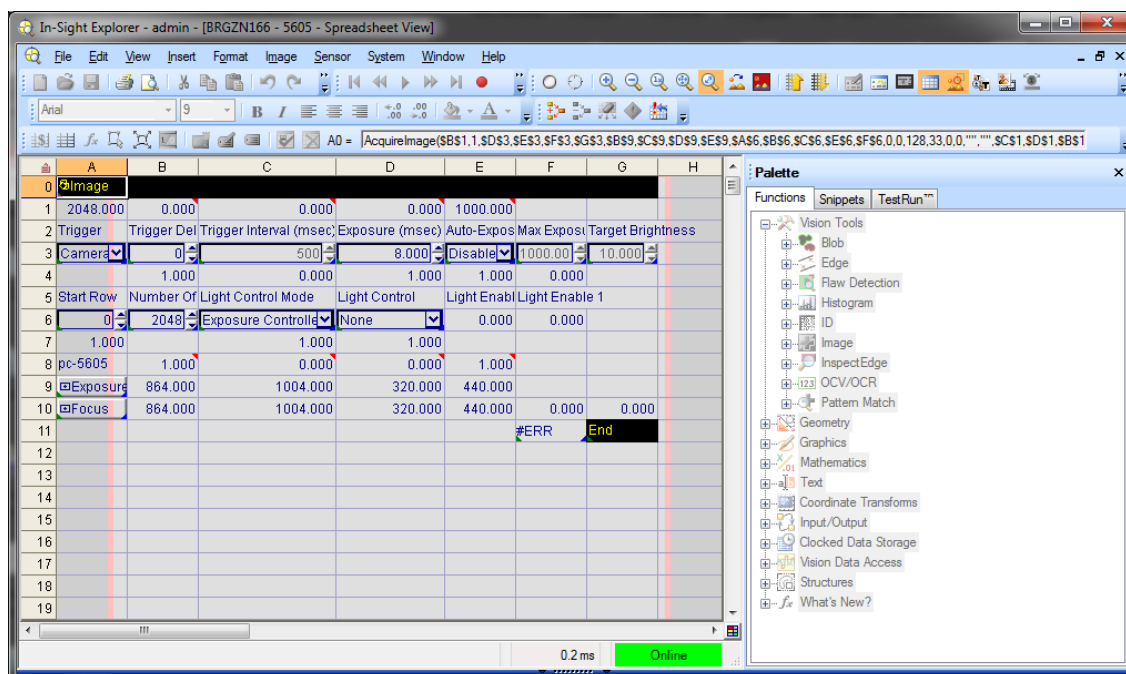


Figura 10 In-Sight Explorer – Modo *SpreadSheet*

Este modo de programação torna-se bastante complexo para realizar tarefas de inspeção simples e bastante penoso para fazer uma rotina de inspeção de um produto “a partir do zero” para quem não esteja habituado a trabalhar com o sistema.

Posteriormente a Cognex decide criar um segundo modo de programação denominado *EasyBuilder*. O que este modo pretende é desmistificar a complexidade da folha de cálculo e permitir elaborar rotinas de inspeções através dos seus sistemas de visão artificial de uma forma simples, rápida e fácil.

Para o desenvolvimento do modo de programação *EasyBuilder*, a Cognex inspirou-se no modelo da “receita”, ou seja, cada programa de inspeção é criado mediante uma “receita” e uma sequência de etapas lógicas que vão desde a aquisição de imagem até ao seu tratamento. Na Figura 11 pode-se observar o aspeto do modo de programação *EasyBuilder*.

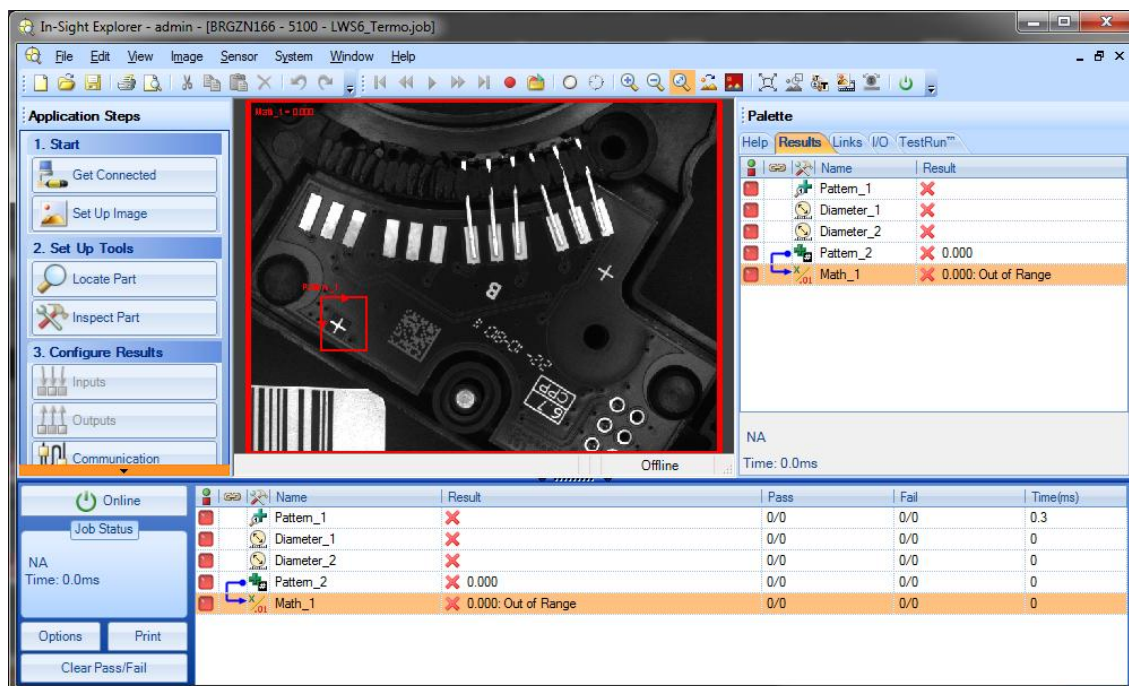


Figura 11 In-Sight Explorer – Modo *EasyBuilder*

Do lado esquerdo da janela estão presentes as várias etapas da “receita”, que se inicia pela aquisição de imagem, seguido da localização da peça, incorporação das ferramentas de visão, etc. Ao centro apresenta-se a imagem da inspeção juntamente com as ferramentas de visão programadas. Do lado direito está a lista de ferramentas de visão presentes no programa, os seus resultados e as dependências que certa ferramenta possui em relação a outras ferramentas de visão. Na parte inferior da figura situa-se a barra de propriedades

onde é possível alterar parâmetros das ferramentas de visão ou verificar o índice de aprovação/rejeição de cada ferramenta de visão individualmente.

Conclusão do capítulo

Após esta breve introdução aos sistemas de visão e, em particular aos sistemas usados na Bosch Car Multimédia S.A, no capítulo seguinte irão ser abordados os sistemas SCADA que irão permitir elaborar a integração entre os sistemas de visão artificial da Cognex e o equipamento da máquina.

4. SISTEMAS SCADA

Neste capítulo vão ser apresentados os sistemas de supervisão, controlo e aquisição de dados conhecidos pela sua abreviatura SCADA (do inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*). Vão também ser referidas algumas tecnologias e metodologias subjacentes a estes sistemas.

Um sistema SCADA é a combinação da aquisição de dados, telemetria e controlo [7]. Estes sistemas adquirem a informação de um determinado local, enviam a informação até um posto central (servidor) e guardam esta informação numa base de dados. A informação recolhida é analisada e controlada de acordo com parâmetros pré-estabelecidos e, posteriormente, é apresentada em monitores para visualização pelos operadores de supervisão (Figura 12).

Um sistema SCADA é geralmente utilizado para monitorar e controlar fábricas ou equipamentos. O controlo pode ser automático, de acordo com regras definidas, ou pode ser através da interação com o operador (supervisor).

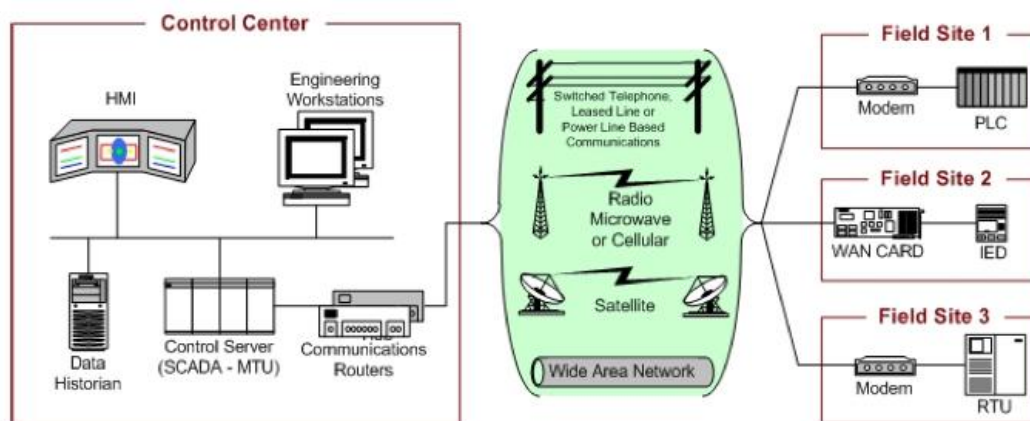


Figura 12 Composição de um sistema SCADA típico [7].

A telemetria associada aos sistemas SCADA é uma técnica usada na transmissão e recepção de dados através de um meio de comunicação. A informação transportada é geralmente o resultado de medições de grandezas físicas (pressões, tensões, velocidade, etc.). Esta informação é transportada de uma localização para outra através de fios condutores, fibra ótica, telefone ou rádio. O local de recepção pode receber informação de diferentes locais, associando aos dados recebidos o seu local de origem [8].

A aquisição de dados, por sua vez, refere-se ao método utilizado para aceder e controlar a informação proveniente do sistema que está a ser controlado e monitorado. Os dados, após serem recolhidos, são enviados através de um sistema de comunicação pronto a enviar estas informações até aos locais onde estes forem necessários. A informação adquirida pode ser analógica ou digital, dependendo do tipo de sensores (sensores de temperatura, posição, caudal, etc.). Por sua vez, o controlo também pode ser digital ou analógico dependendo dos atuadores (motores, válvulas, contactores, etc.) [8].

Um sistema SCADA é composto pelos seguintes componentes (Figura 13) [9]:

1. Instrumentação de campo;
2. Estações remotas;
3. Rede de comunicações;
4. Central de monitoração e controlo.

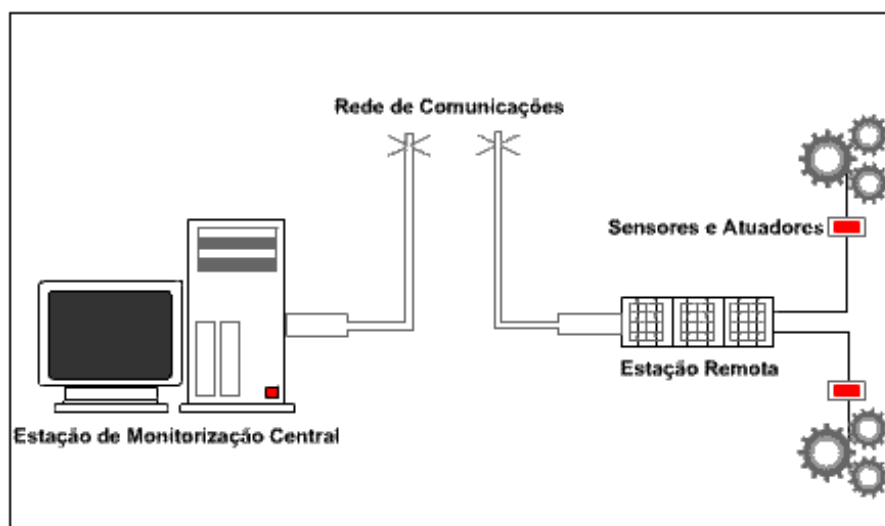


Figura 13 Componentes de um sistema SCADA [10].

A instrumentação de campo designa o conjunto de sensores e atuadores que estão diretamente interligados ao equipamento ou fábrica. Esta instrumentação gera sinais analógicos ou digitais que vão ser monitorados pelas estações remotas. Estes sinais são transformados em sinais compatíveis com as entradas / saídas do controlador lógico programável (PLC) ou unidade de terminal remoto (RTU) que está na estação remota.

A estação remota está instalada no equipamento da fábrica que está a ser monitorado e controlado pela central de monitoração e controlo, existindo dois tipos de dispositivos distintos para esta função: a unidade de terminal remoto e o controlador lógico programável.

A rede de comunicações representa o meio de transmissão da informação de um local para outro que pode ser via cabo, fibra ótica, telefone (analógico ou GSM) ou via rádio.

A central de monitoração e controlo alberga o sistema (ou computador) mestre de todo o sistema SCADA. Esta central, dependendo da sua complexidade, pode ter diversos postos de operação onde diferentes operadores interagem com todo o sistema.

Na Figura 14 é possível observar um exemplo de uma configuração de um sistema SCADA aplicado à distribuição de água para consumo doméstico numa zona residencial.

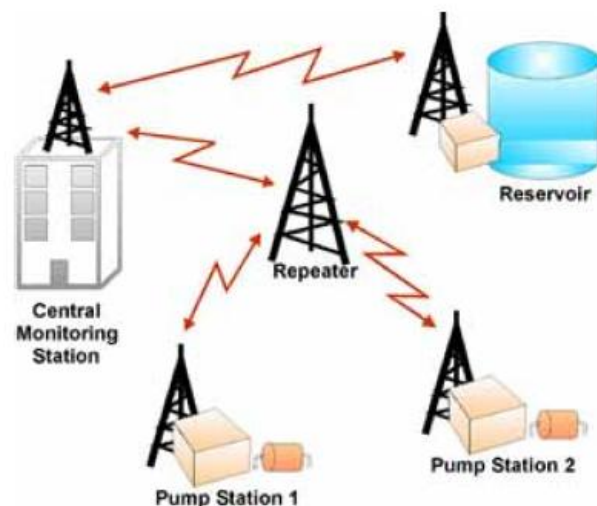


Figura 14 Configuração de um sistema SCADA [9].

4.1. INSTRUMENTAÇÃO DE CAMPO [9]

A instrumentação de campo representa todos os dispositivos que estão interligados aos equipamentos / máquinas que vão ser monitorados e controlados pelo sistema SCADA. Estes dispositivos podem ser sensores para monitorar certos parâmetros ou atuadores para controlar determinados módulos do sistema.

Tais sensores convertem grandezas físicas (pressão, temperatura, nível de um fluido, cor, etc.) em sinais elétricos (tensão, corrente, etc.) que são lidos pelo PLC ou RTU da estação remota. Por sua vez, os atuadores podem ser acionados por sinais analógicos (contínuos) ou digitais (discretos).

Em relação aos sinais analógicos existem alguns padrões a nível industrial (quer em tensão, quer em corrente) tais como 0 a 5 V, 0 a 10 V, 4 a 20 mA e 0 a 20 mA. Os sinais em tensão são utilizados quando o sensor / atuador se encontra perto do módulo remoto (PLC ou RTU) para evitar o efeito da queda de tensão nos condutores e posterior desvio da medição face à grandeza real. Quando as distâncias são superiores, utilizam-se usualmente sinais em corrente para eliminar o efeito da queda de tensão. De forma a evitar erros na medição caso os condutores sejam cortados, utiliza-se a gama de 4 a 20 mA. Nesta situação existe sempre uma corrente mínima de 4 mA para indicar o bom funcionamento do sensor / atuador.

Os sinais digitais são normalmente utilizados para determinar estados discretos do equipamento, tipicamente a “1” quando algo está Ligado / Presente / Cheio e “0” quando está

Desligado / Ausente / Vazio. Por norma, a nível industrial os sinais digitais possuem gamas de tensões de 24 V quando a “1” e de 0 V quando o sinal está a “0”.

Frequentemente são utilizadas combinações de sinais analógicos / digitais para monitorar e controlar sistemas. A título de exemplo, para medir a velocidade de um tapete, um sinal digital pode indicar o sentido de movimento e um sinal analógico indicar a velocidade do movimento.

4.2. ESTAÇÕES REMOTAS [9]

A instrumentação de campo ligada aos equipamentos da fábrica é monitorada e controlada pelas estações remotas. Estas estações são também utilizadas para recolher dados dos diferentes equipamentos e transferi-los para o sistema SCADA central. As estações remotas tanto podem utilizar um PLC como um RTU, podendo ser constituídas por um monobloco (limitado em termos de expansão) ou por módulos (permitindo expansões futuras do sistema).

4.2.1. COMPARAÇÃO ENTRE PLC E RTU

O RTU é um computador robusto com uma boa interface de rádiofrequência. É normalmente utilizado em situações onde a comunicação é difícil de ser implementada por outras vias. Uma desvantagem do RTU é a sua fraca capacidade de programação que dificulta a sua integração.

O PLC é um pequeno sistema de controlo programável frequentemente encontrado nas unidades fabris. A sua principal utilidade é a substituição do controlo lógico por relés de uma máquina ou fábrica por um sistema programável. Atualmente os PLC são utilizados com frequência nos sistemas SCADA devido à facilidade da sua programação e interligação com outros sistemas. Encontram-se com facilidade interfaces de comunicação com quase todos os tipos de comunicações existentes no mercado (RS-232, *Ethernet*, telefone analógico ou GSM, rádiofrequência, fibra ótica, etc.) para instalar nos PLC.

4.2.2. COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS MONOBLOCO E SISTEMAS MODULARES

As estações remotas podem ser constituídas por sistemas monobloco ou sistemas modular. Os sistemas em monobloco (compacto) contêm um número fixo de entradas e saídas (I/O) e de sistemas de interface. Por esta razão, são mais económicos, mas dificultam a expansão futura do sistema. Na Figura 15 mostra-se um exemplo de um destes sistemas.



Figura 15 Sistema monobloco (compacto).

Os sistemas modulares (Figura 16) possuem uma interface base à qual se acoplam módulos de I/O ou de interface mediante as necessidades do projeto. Caso seja preciso adicionar novos módulos ao sistema, basta conectá-los à interface base e rapidamente os novos módulos ficam prontos a ser utilizados.



Figura 16 Sistema modular.

4.3. REDE DE COMUNICAÇÃO [9]

A rede de comunicação representa todo o equipamento necessário para transferir dados entre duas localizações distintas. O meio de transmissão pode ser via cabo condutor, fibra ótica, telefone (analógico ou GSM) ou rádio, dependendo do tipo de aplicação, da distância envolvida e do orçamento disponível.

A utilização de redes por cabo é a opção mais recorrente em ambientes industriais (fábricas) por ser a solução mais económica. Por outro lado, este meio não é prático para sistemas onde as diferentes estações distam vários quilómetros onde o preço da instalação / tubagens / cabos se torna bastante significativo, invalidando este tipo de solução.

Em ambientes industriais onde existam fontes de ruído eletromagnético (por exemplo, nas indústrias metalomecânicas) as linhas de cabo normal não são adequadas. Nestas situações é frequentemente utilizada a comunicação por fibra ótica de forma a eliminar o ruído do sistema de cablagens. Esta solução é mais dispendiosa do que a solução por cabos e requer equipamento específico para a sua instalação.

A solução de comunicação através de linhas telefónicas analógicas (linhas comuns ou alugadas) é uma solução mais económica que a solução por cabos para distâncias de vários quilómetros. Por outro lado, é necessário que exista uma linha telefónica em cada localização, o que tem custos fixos para a empresa. Em locais onde se pretenda uma monitoração com tempos de atualização elevados a utilização de uma linha de aluguer torna-se mais económico que uma solução de uma linha comum (apesar da linha alugada ser mais cara do que a linha comum).

As linhas comuns devem ser utilizadas em sistemas que requerem atualizações de dados em tempos regulares (por exemplo, de hora a hora). Neste caso, o sistema central efetua uma chamada telefónica para o local remoto a cada hora, obtém as leituras do sistema e envia os comandos para o sistema remoto, terminando a chamada após concluir a transmissão.

Porém, nem sempre existem redes telefónicas nos locais onde se encontram as estações remotas.

Nesta situação, a utilização de comunicações via rádio representa-se como uma solução mais económica. Esta solução carece de um licenciamento especial para a emissão de

sinais numa frequência específica e permite estabelecer comunicação entre pontos localizados a vários quilómetros. Caso o sinal não consiga estabelecer uma comunicação eficaz entre dois locais, é possível instalar repetidores de sinal a meio do percurso de forma a aumentar o alcance do sinal. Este meio de comunicação pode ser utilizado em sistemas com atualização frequente dos dados.

4.4. CENTRAL DE MONITORAÇÃO E CONTROLO [9]

A central de monitoração e controlo é a unidade principal de todo o sistema SCADA. Esta é responsável por recolher a informação proveniente das estações remotas e de gerar as ações configuradas no caso de algum evento ser detetado. A central pode ter apenas um computador responsável por todo o sistema SCADA ou múltiplos computadores (estações de trabalho), partilhando a informação entre si.

Na central de monitoração e controlo encontra-se em execução um programa de Interface Homem-Máquina (HMI) como se apresenta na Figura 17. Esta interface contém frequentemente uma representação gráfica do sistema em análise (máquina ou fábrica) que é mostrada num monitor de forma a facilmente visualizar o estado atual de todo o sistema.

Cada I/O do sistema enviado pelas unidades remotas pode ser mostrado no HMI exibindo o seu estado atual. Por exemplo, o valor de uma tensão pode ser exibido num gráfico em forma de ponteiro analógico (tal como os voltímetros do passado mostravam os seus valores) ou digital, conforme o gosto e necessidade. A quantidade de material dentro de um recipiente pode ser mostrada com uma imagem do recipiente com o seu volume preenchido em função da quantidade existente no recipiente, as válvulas e interruptores podem possuir gráficos distintos para quando estes estão ligados ou desligados, etc. Existem diversos elementos gráficos que se podem representar de forma a tornar clara e evidente a representação gráfica do estado do processo / fábrica.

No HMI existe habitualmente uma folha / janela onde estão listados todos os erros e eventos importantes do sistema. Esta lista geralmente é gravada numa base de dados ou ficheiro de forma a criar o histórico de acontecimentos do sistema. Alguns dos alarmes podem necessitar de um reconhecimento de um superior (validado por uma senha, por exemplo) para mudarem de estado.

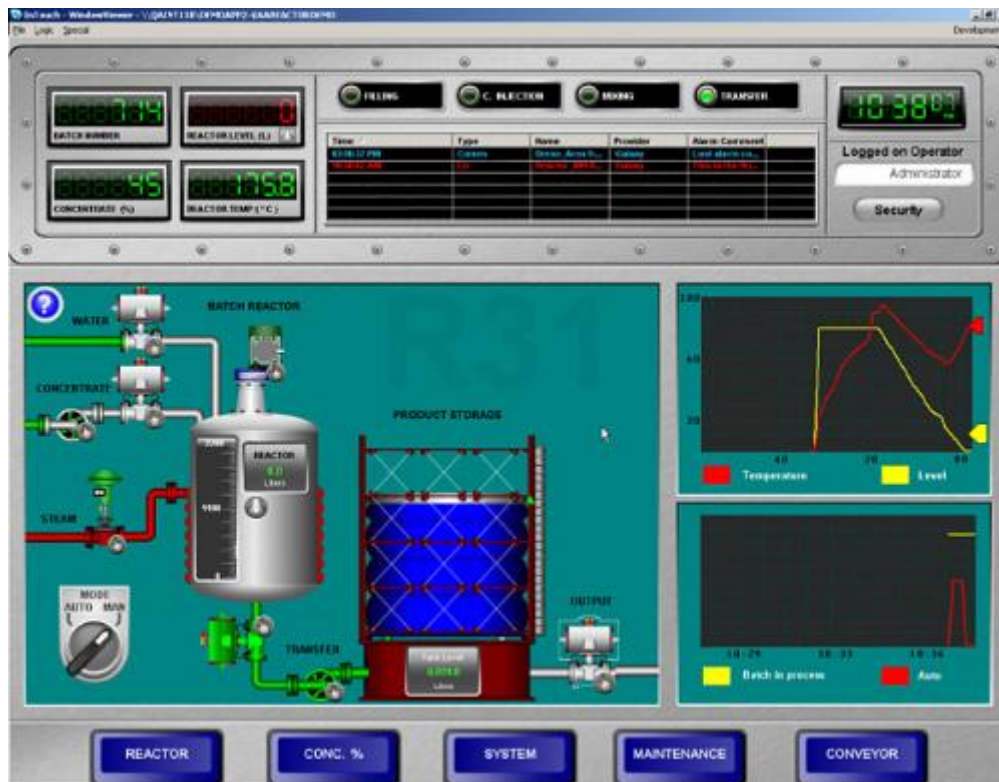


Figura 17 Exemplo de um HMI de um processo industrial [11].

Usualmente, o HMI possui um menu de configuração de limites e alarmes de forma a configurar o sistema para a realidade atual da máquina / fábrica. Tal como nos alarmes, este menu pode ter um nível de acesso restrito a pessoas devidamente credenciadas. Adicionalmente, todas as operações executadas no HMI podem ficar guardadas numa base de dados ou num ficheiro para histórico.

Uma funcionalidade bastante requisitada e apreciada nos HMI é a apresentação de gráficos da evolução temporal de determinados I/O de forma a verificar a tendência de determinado parâmetro e conseguir atuar no processo atempadamente. Paralelamente a estes gráficos dos I/O, podem ser gerados relatórios do sistema com um determinado intervalo temporal, contendo a listagem de todos os eventos / alarmes ocorridos durante esse período temporal, gráficos de dados das variáveis nesses períodos e outras informações relevantes para os operadores do sistema.

4.5. CONFIGURAÇÃO TÍPICA DOS SISTEMAS [10]

Existem duas configurações típicas para a arquitetura dos sistemas SCADA. A configuração de Ponto-A-Ponto e a configuração de Ponto-A-Multiponto.

4.5.1. CONFIGURAÇÃO PONTO-A-PONTO

A configuração Ponto-A-Ponto é a configuração mais simples de realizar num sistema SCADA. Neste caso os dados são trocados entre duas estações, sendo uma estação configurada como mestre e outra como escravo.

Um exemplo de aplicação de um sistema Ponto-A-Ponto é um sistema de bombagem de água para um reservatório localizado em locais distintos. Sempre que o reservatório está praticamente vazio a estação remota do reservatório envia um comando “Vazio” para a estação remota do sistema de bombagem. Assim que a estação de bombagem receba esta mensagem coloca as bombas em funcionamento enviando água para encher o reservatório. Quando o reservatório estiver a atingir o seu nível máximo é enviada uma mensagem “Cheio” para a estação remota do sistema de bombagem, fazendo com que as bombas se desliguem.

4.5.2. CONFIGURAÇÃO PONTO-A-MULTIPONTO

A configuração Ponto-A-Multiponto é semelhante à configuração Ponto-A-Ponto, diferindo apenas no facto de que existem múltiplos escravos. Tipicamente o mestre do sistema é a central de monitoração e controlo e os escravos as diferentes estações remotas do sistema. Cada escravo tem um identificador unívoco (endereço ou número identificativo) de forma a identificar a origem das mensagens e a conseguir encaminhar os respetivos comandos para a unidade correta.

Conclusão do capítulo

Neste capítulo foram apresentados os sistemas SCADA, descrevendo-se o conceito, método de funcionamento e principais arquiteturas. O projeto elaborado não é mais do que um sistema SCADA que disponibiliza ao operador e à aplicação do equipamento monitorar e controlar um ou vários módulos remotos (sistemas Cognex) interligadas através de interfaces Ethernet.

O sistema SCADA desenvolvido permite à controlar o sistema de visão e, ao mesmo tempo, possui uma série de janelas e menus para o operador obter a informação importante sobre o estado do sistema.

No capítulo que se segue detalham-se os requisitos do projeto e, desta forma, caracteriza-se o sistema SCADA a desenvolver.

5. REQUISITOS DO PROJETO

Para desenvolver um trabalho desta dimensão é necessário identificar e analisar todos os requisitos necessários do projeto. Inicialmente é necessário construir uma lista de requisitos funcionais específicos que vão balizar o desenvolvimento do sistema; de seguida, cada um desses requisitos funcionais específicos vai ser analisado em detalhe, estudando quais as abordagens possíveis para cumprir com esse requisito. Posteriormente são descritos os meios físicos e tecnológicos necessários para desenvolver o projeto.

Os sistemas de inspeção óptica da marca Cognex tornaram-se o padrão da Bosch Car Multimédia para a verificação da montagem correta de componentes nas suas linhas de produção. Estes sistemas têm vindo a ser integrados em diversas máquinas (postos) de montagem e nunca foi desenvolvida uma ferramenta normalizada para a integração destes sistemas com os respetivos equipamentos de fabrico.

A ideia base do projeto é o desenvolvimento de um sistema (interface) de *software* que permita controlar os sistemas de visão, podendo-se extrair indicadores de qualidade, garantindo a rastreabilidade dos produtos montados e, ao mesmo tempo, agilizando o processo de manutenção dos sistemas de visão e efetuando cópias de segurança de todo o sistema para utilização em caso de avaria (ou substituição do equipamento).

À interface desenvolvida foi dado o nome de CognexComm que provém dos termos Cognex *Communicator* e que se refere à marca dos sistemas de visão em causa (Cognex) e à principal funcionalidade da interface (comunicador entre diferentes sistemas). Daqui em diante, adota-se esta designação para se referir à interface desenvolvida.

5.1. ESQUEMA DE APLICAÇÃO

A interface CognexComm destina-se a ser utilizada em cada posto de trabalho com sistemas de visão artificial. Este *software* de controlo corre num computador que está instalado em cada posto de montagem e que se encontra ligado à rede informática da produção via Ethernet.

Na Bosch Car Multimédia existe um sistema de informação da produção (MIS) que recolhe dados de produção relativos aos processos e produtos, permitindo analisar a produção, emitir relatórios, verificar o ciclo produtivo e os postos de montagem de um determinado produto, entre outras funcionalidades. A base de dados do sistema de informação da produção está, por sua vez, ligada à rede informática da produção. Qualquer computador ligado à rede informática da fábrica pode aceder ao portal do MIS e consultar a informação do sistema.

A interface CognexComm escreve também dados no MIS, resultantes de cada inspeção efetuada, guardar o resultado global da inspeção. No caso de ocorrer uma rejeição na inspeção, especifica qual (ou quais) foram as ferramentas de visão que falharam, para se determinar quais os pontos de falha mais frequentes e otimizar o processo ou descobrir problemas de montagem.

Na Figura 18 é possível verificar o esquema de aplicação do sistema desenvolvido no seio dos postos de montagem existentes nas linhas de produção da Bosch Car Multimédia.

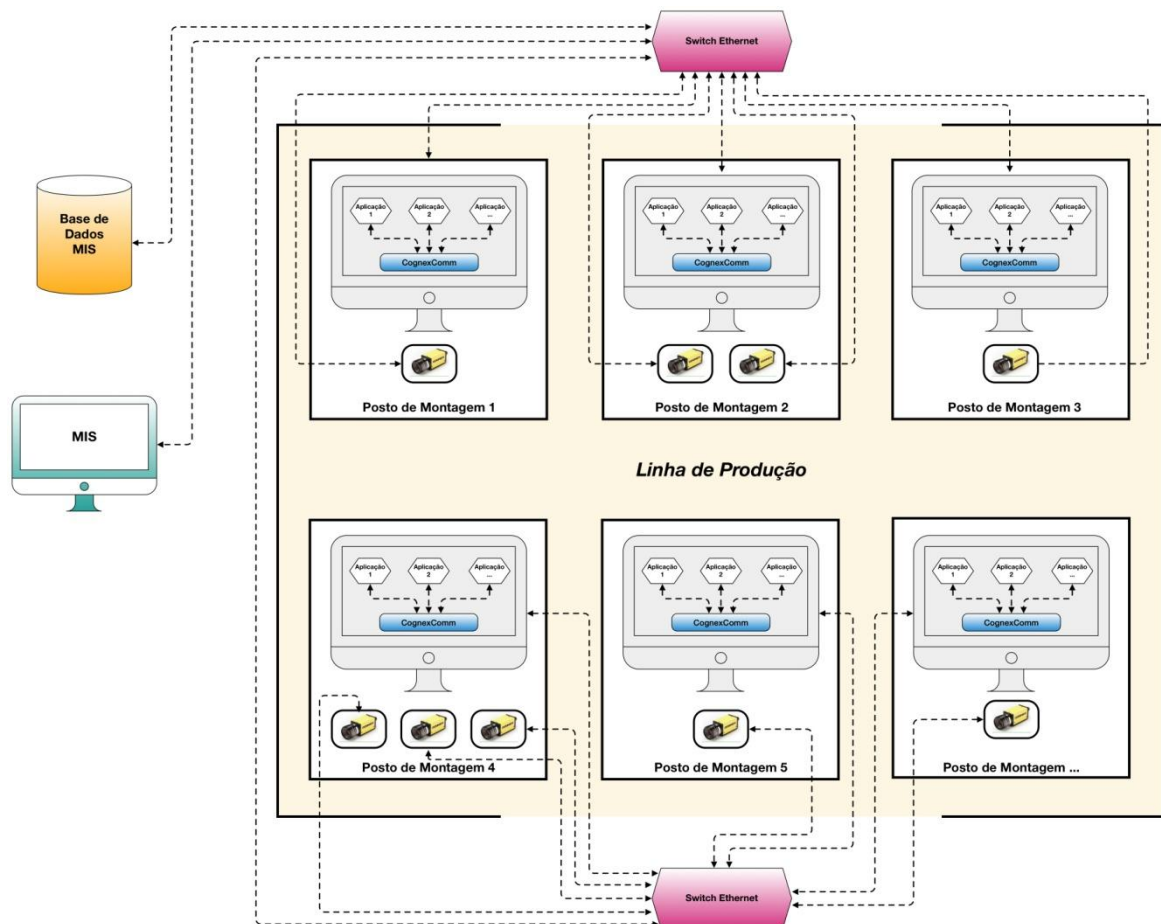


Figura 18 Esquema de aplicação do sistema.

5.2. REQUISITOS ESPECÍFICOS

Após algum debate e troca de ideias com os especialistas de processo dos sistemas de inspeção ótica para os postos de montagem da Bosch Car Multimédia foi feita a seguinte lista de requisitos para a interface CognexComm a desenvolver:

- A interface tem que ser programada em Visual Basic.NET.
- Tem que ser totalmente compatível com os sistemas de inspeção Cognex existentes na fábrica.
- A interface deve permitir a integração de um sistema de inspeção Cognex com o *software* de controlo da máquina de uma forma fácil e expedita.
- Deve existir uma janela que permita a visualização da inspeção em tempo real.
- Deve ser possível recolher valores (resultados) das inspeções para que estes sejam escritos no sistema de informação da produção (MIS) pelo equipamento.

- O sistema deve monitorar os parâmetros críticos da visão e reportar sempre que um destes parâmetros é alterado.
- A interface deve conseguir efetuar cópias de segurança do sistema de visão, guardando todo o seu conteúdo e configurações.
- Sempre que seja inspecionado um produto o resultado dessa inspeção (imagem e ferramentas de inspeção) deve ser guardado para efeitos de histórico num servidor ou no computador local.
- O sistema deve ser auto atualizável, ou seja, sempre que sejam introduzidas melhorias no sistema ou se proceda à correção de algum erro, a nova versão deve ser atualizada automaticamente em todas as máquinas da fábrica.

De seguida vão ser descritos com maior pormenor todos os requisitos do sistema e quais os objetivos de cada um desses requisitos em termos funcionais e organizacionais.

5.2.1. DESENVOLVIMENTO DO COGNEXCOMM EM VISUAL BASIC.NET

Trata-se de um requisito existente na Bosch Car Multimédia em relação ao desenvolvimento de aplicações para as máquinas das linhas de montagem. Assim, deve ser privilegiado o uso da linguagem de programação Visual Basic.NET, utilizando o ambiente de programação Visual Studio da Microsoft. Esta especificação é sustentada pelo facto do Visual Basic.NET ser uma linguagem de programação simples, de fácil depuração, onde existe o conceito de classe (programação orientada ao objeto) e que, por sua vez, é lecionada em diversos cursos do ensino académico do país e do mundo, aumentando significativamente o número de pessoas que conhece esta linguagem de programação.

5.2.2. COMPATIBILIDADE COM SISTEMAS COGNEX EXISTENTES

Uma característica que a interface deve possuir é a compatibilidade com todos os sistemas Cognex existentes nas diversas linhas de produção da Bosch Car Multimédia, ou seja, deve conseguir comunicar com os diferentes modelos de sensores Cognex existentes.

Neste contexto, foi efetuado um levantamento dos sistemas existentes e foram encontrados os seguintes modelos de sensores Cognex:

- In-Sight 5100-11

Este tipo de sistema (Figura 19) é o modelo padrão da gama In-Sight da Cognex, tendo sido o primeiro modelo a surgir nos equipamentos da Bosch Car Multimédia. Este modelo contém todas as funcionalidades de inspeção que um sistema Cognex pode apresentar e cobre um vasto leque de possíveis utilizações, tais como a deteção de presença / ausência de um determinado objeto, reconhecimento de padrões, verificação dimensional de uma montagem, leitura de caracteres e de códigos de identificação 2D, etc. A resolução do sensor de imagem é de $640 \times 480 \text{ pixels}$. Contudo, este modelo apresenta um inconveniente: a sua instalação na máquina ocupa demasiado espaço e a tendência atual é para a instalação de equipamentos cada vez mais compactos de forma a minimizar o seu espaço de instalação e aumentar a área livre na zona de trabalho do operador.



Figura 19 **Sensor Cognex In-Sight 5100-11.**

- In-Sight 5403-11

Este modelo de equipamento (Figura 20) possui as mesmas funcionalidades do modelo 5100-11, mas possui um sensor de imagem com maior resolução ($1600 \times 1200 \text{ pixels}$). Este incremento de resolução permite utilizar o sistema de visão em aplicações onde seja necessário um campo de visão (FOV) de maiores dimensões para os produtos de maior dimensões ou com mais características a inspecionar. Este modelo está presente nos equipamentos mais antigos onde se necessitava de uma maior resolução de imagem. Entretanto, com o aparecimento do modelo 5605-11 (que será apresentado seguidamente) e como o diferencial de preço entre este modelo e o modelo 5605-11 não é substancial, este modelo deixou de ser integrado nos novos equipamentos em detrimento do modelo superior.



Figura 20 Sensor Cognex In-Sight 5403-11.

- In-Sight 5605-11 (Figura 21)

Tal como o modelo 5403-11 se distingue do 5100-11 pelo aumento da resolução do sensor de imagem, este modelo distingue-se também do 5403-11 pelo aumento da resolução do sensor de imagem (que neste caso tem uma resolução de 2448 x 2048 *pixels*) e pela melhoria do desempenho do processador (8 vezes mais rápido que o processador do modelo 5403-11). Este modelo apresenta-se como o modelo preferencial em equipamentos onde seja necessária uma elevada resolução do sistema de visão.



Figura 21 Sensor Cognex In-Sight 5605-11.

- In-Sight Micro 1100-11

O modelo In-Sight Micro 1100-11 (Figura 22), é uma versão compacta do modelo 1100-11. Ao nível de funcionalidades, resolução, velocidade de processador e desempenho, é em tudo similar ao modelo de maiores dimensões. A única diferença entre os dois modelos (1100-11 e Micro 1100-11), para além da evidente diferença a nível dimensional, advém

de este modelo não possuir uma entrada para alimentação e a sua alimentação ser feita através do cabo Ethernet sob a tecnologia *Power-Over-Ethernet* (POE).

Um inconveniente deste modelo é a sua baixa dissipação térmica. Ao apresentar-se num formato compacto, toda a eletrónica está colocada dentro de um corpo de pequenas dimensões, o que faz com que este sistema não seja aconselhado para aplicações onde exista uma frequência de inspeção demasiado elevada (não é o caso das linhas de montagem da Bosch Car Multimédia onde o tempo de ciclo mais baixo ronda os 15 s).



Figura 22 **Sensor Cognex In-Sight Micro 1100-11.**

- In-Sight Micro 1100-C11

Este modelo (Figura 23) adquire imagens “a cores” ao invés dos restantes modelos que são monocromáticos. Em termos das restantes características é em tudo idêntico ao modelo In-Sight Micro 1100-11. Este tipo de sistemas apenas se encontra instalado numa linha de produção onde é utilizada uma pasta para condução térmica de cor azul e o sistema de inspeção deve determinar a cor da pasta e a sua localização de forma a validar o seu processo de aplicação.



Figura 23 **Sensor Cognex In-Sight Micro 1100-C11.**

De forma a resumir as principais diferenças entre os sistemas Cognex existentes na Bosch Car Multimédia apresenta-se de seguida a Tabela 5 com a comparação entre os vários sistemas existentes.

Tabela 5 Comparação dos sistemas Cognex existentes na Bosch Car Multimédia.

		5100-11	5403-11	5605-11	Micro 1100-11	Micro 1100-C11
						
Índice de velocidade de processamento		4x	12x	20x	4x	4x
Velocidade de aquisição de imagens (FPS¹)		60	15	16	60	58
Modelo a cores						X
Resolução da imagem	640 × 480	X			X	X
	1600 × 1200		X			
	2448 × 2048			X		
Ferramentas de visão disponíveis	Básicas: Brilho, contraste, reconhecimento de padrões, arestas, geometria ponto-a-ponto, distância, ângulo, desenho e contornos.	X	X	X	X	X
	Essenciais: Procura de contornos, arestas e curvas, análise do histograma e da geometria, filtros de imagem, correspondência de padrões, calibração básica.	X	X	X	X	X
	Avançadas: Calibração não linear da imagem, ferramentas de medição avançada.	X	X	X	X	X
	Identificação: Leitura e verificação de códigos de barras 1D e 2D, leitura e verificação de texto (OCR/OCV), filtros de imagem.	X	X	X	X	X
	Análise de cor: Verificação de cor, subtração de cores, análise do histograma de cores, filtros de cores.					X
	PatMax: Algoritmo patenteado pela Cognex para o reconhecimento geométrico de padrões.	X	X	X	X	X

¹ Frames per second

5.2.3. INTEGRAÇÃO SIMPLES ENTRE SOFTWARE E SISTEMA

Com este requisito pretende-se que a interface CognexComm seja desenvolvida de forma a permitir uma integração fácil com o *software* existente nos postos de produção, ou seja, que o seu processo de instalação, configuração e comissionamento seja expedito.

Do ponto de vista do desenvolvimento de *software*, uma forma de elaborar uma interface capaz de ser utilizada por diferentes linguagens de programação de forma expedita e transparente é o desenvolvimento de uma *Dynamic Link Library* (DLL), que pode ser utilizada por diferentes aplicações e programas. Esta DLL é um ficheiro que é carregado pela aplicação e que contém um conjunto de funções que vão permitir a integração do *software* da máquina com o sistema Cognex.

Este foi adaptado no desenvolvimento deste projeto, por ser fácil de comissionar e utilizar.

5.2.4. JANELA DE VISUALIZAÇÃO DA INSPEÇÃO EM TEMPO REAL

Uma necessidade evidente no seio das linhas de produção que possuem sistemas de inspeção óptica é a possibilidade de visualizar o estado da inspeção em tempo real, verificando se o resultado da inspeção foi positivo ou negativo. Nos sistemas Cognex este resultado é representado de uma forma gráfica (como se mostra, a título de exemplo, na Figura 24) no *software* de configuração do sistema (In-Sight Explorer). O objetivo deste requisito é conseguir capturar esse resultado gráfico e evidenciá-lo ao operador do posto.

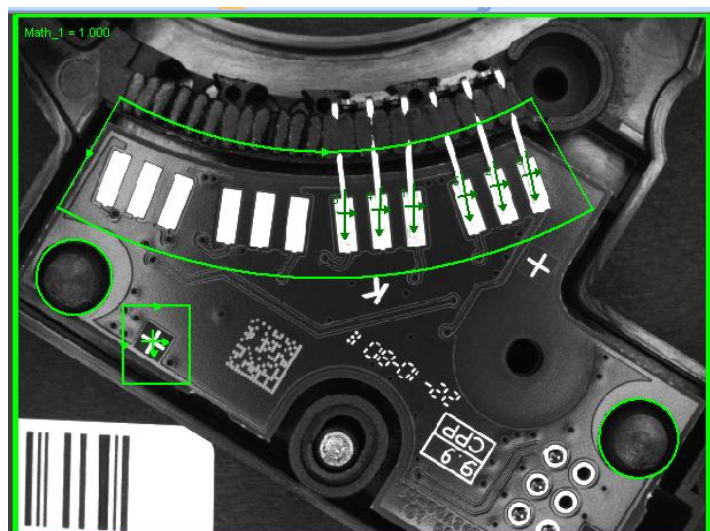


Figura 24 Visualização da inspeção em tempo real.

5.2.5. EXTRAÇÃO DE RESULTADOS A ENVIAR PARA O MIS

Em qualquer processo produtivo existe a necessidade de obter informação acerca do processo produtivo que permita uma melhoria contínua dos processos e o reconhecimento do estado atual do mesmo (indicadores de qualidade / desempenho / produtividade / etc.). Os processos de inspeção ótica devem também permitir aos equipamentos onde se encontram instalados recolher informações provenientes do resultado das inspeções que executam e enviar estes dados para o (MIS) onde serão guardados e analisados posteriormente.

Por limitações do sistema de comunicação com o MIS apenas uma aplicação por máquina pode enviar dados para o MIS. Assim, a comunicação com o MIS é feita pela aplicação principal e não pela interface CognexComm, sendo esta última apenas responsável pela recolha dos dados do sistema de inspeção.

5.2.6. MONITORAÇÃO DE PARÂMETROS CRÍTICOS DO SISTEMA

Esta especificação surge da necessidade de reconhecer quando são feitas alterações aos parâmetros críticos do sistema por um técnico ou por outro pessoal com acesso ao sistema. Entende-se por parâmetro crítico todo e qualquer parâmetro que seja especificado pelo cliente como um parâmetro que deve ser assegurado dentro de determinados limites.

Sempre que forem feitas alterações às ferramentas de inspeção que estejam relacionadas com parâmetros críticos, o sistema deve enviar um alerta para os responsáveis de processo, indicando que ocorreram alterações ao sistema.

5.2.7. CRIAÇÃO DE CÓPIAS DE SEGURANÇA DO SISTEMA

Uma das funções mais requisitadas pela equipa da manutenção é a possibilidade de efetuar cópias de segurança às configurações e aos programas de inspeção que estão guardados em cada sistema de inspeção para minimizar os problemas decorrentes da avaria de um destes sensores ou da alteração errada de uma configuração.

A interface CognexComm deve permitir efetuar cópias de segurança porá pedido do operador ou sempre que a última cópia de segurança tenha mais de uma semana. As cópias de segurança têm que ser arquivadas de forma a permitir a análise de histórico.

5.2.8. ARMAZENAMENTO DA IMAGEM DE INSPEÇÃO E DO RESULTADO DAS FERRAMENTAS DE VISÃO.

Uma vantagem dos sistemas Cognex é permitirem o desenvolvimento de programas de inspeção em ambiente *off-line*, ou seja, fora da linha de produção, simulando o sensor e o seu funcionamento. Para simular uma inspeção é necessário que existam imagens do produto a inspecionar (retiradas pelo sensor que está em linha), sendo, portanto, necessário guardar as imagens dos produtos que passaram num determinado sistema de inspeção.

De uma forma sucinta, o sistema tem que guardar a imagem (tal como foi adquirida) e o resultado da inspeção para determinar a qualidade do produto, podendo ajustar a inspeção de acordo com as necessidades e sem interromper a produção da linha.

5.2.9. ATUALIZAÇÃO AUTOMÁTICA DA INTERFACE COGNEXCOMM

Um dos requisitos a implementar é a atualização automática da interface (DLL) sempre que seja realizada uma nova versão do ficheiro. Este requisito pretende assegurar que existe uma única versão da interface em todo o sistema produtivo da Bosch Car Multimédia, bem como a possibilidade de corrigir erros ou implementar novas funcionalidades à escala global sempre que seja lançada uma nova versão.

Na Bosch existe uma DLL de atualização automática (`Update.dll`) que vai ser integrada na interface CognexComm e que facilita esta tarefa. No Anexo A é possível verificar o princípio de funcionamento e operação desta DLL.

5.3. MEIOS NECESSÁRIOS

Para o desenvolvimento deste projeto foram necessários meios humanos e materiais. Ao nível dos recursos humanos, foi necessário inicialmente reunir toda a equipa responsável pelos sistemas de inspeção ótica, quer a nível de engenharia de processo, quer a nível de manutenção, para determinar as especificações do projeto.

Após o desenvolvimento da primeira versão de teste da CognexComm, foi necessária a ajuda da manutenção e da produção de forma a validar o sistema e reportar eventuais erros / melhorias a corrigir / desenvolver. Quando a primeira versão foi realizada, foi necessária ajuda da engenharia de processo para criar uma norma de integração da interface desenvolvida com todos os sistemas futuros a desenvolver. A alteração dos sistemas já existentes está a cargo do departamento de manutenção.

De forma a cumprir todos os requisitos, foram necessários os seguintes meios materiais:

- Computador portátil com direitos administrativos e com os seguintes requisitos mínimos:
 - Processador Intel® Pentium® 4 a 2,4 GHz ou equivalente.
 - 1 GB de memória RAM.
 - Placa gráfica com resolução mínima de 1024×768 *pixels* com uma profundidade de cor de 24 b.
 - Placa de rede Ethernet a 100 Mb/s.
 - Microsoft Windows XP Professional, Service Pack 3.
 - 5 GB de espaço livre para instalação.
- Uma licença do *software* Visual Studio 2010 da Microsoft na versão profissional ou superior (Figura 25) para desenvolvimento do *software* da interface CognexComm.

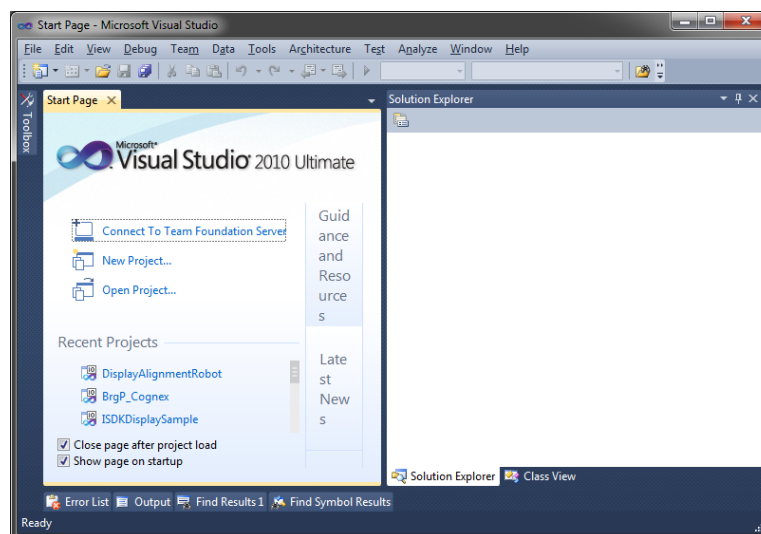


Figura 25 *Software* Visual Studio 2010 Ultimate.

- *Software* In-Sight Explorer 4.7 (Figura 26) ou superior para configuração do sistema de visão Cognex e efetuar programas de teste do sistema de visão.

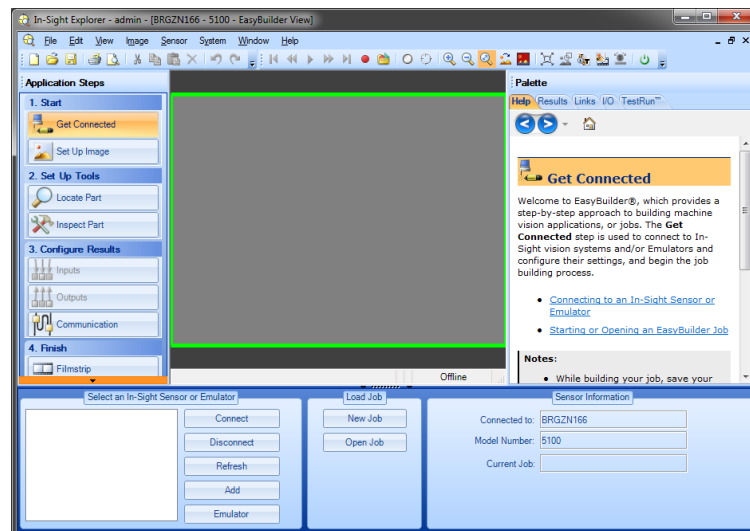


Figura 26 *Software Cognex In-Sight Explorer.*

- Uma licença do *software* Cognex In-Sight SDK versão 4.7 (Figura 27) ou superior para utilização das classes de comunicação com os sistemas de visão Cognex, permitindo interligar a interface com o sistema Cognex.



Figura 27 *Licença In-Sight SDK.*

- Um sistema de inspeção Cognex In-Sight Micro 1100-11 (Figura 28) para testar a conectividade do sistema e todas as funcionalidades implementadas na interface CognexComm.



Figura 28 Sistema de inspeção In-Sight Micro 1100-11.

- Um cabo de comunicações Cognex Ethernet CCB-84901-1003-05 (Figura 29) para ligação do sistema Cognex com a rede *Ethernet* do computador (ou fábrica); este cabo também fornece alimentação ao sistema através da tecnologia POE.



Figura 29 Cabo de comunicação Ethernet Cognex.

- Uma fonte de alimentação POE (Figura 30) para injetar a alimentação no cabo *Ethernet* do sistema Cognex.



Figura 30 Fonte de Alimentação POE.

- Um cabo de rede cruzado para ligação Ethernet entre o computador portátil e o sistema Cognex (alimentador POE).

Conclusão do capítulo

Depois de determinar os requisitos à execução e desenvolvimento do projeto, foi necessário reunir todos os meios humanos e materiais de suporte ao desenvolvimento do projeto de forma a conseguir testar e experimentar o sistema tal como ele se apresenta nas linhas de produção. Tal desenvolvimento é descrito e apresentado no próximo capítulo.

6. TRABALHO REALIZADO

Neste capítulo vão ser apresentados todas as etapas do desenvolvimento do protótipo. O trabalho apresentado baseia-se no desenvolvimento de uma solução de *software* que, após uma vez programada, é compilada sob a forma de um ficheiro que será distribuído a todos os fabricantes que desenvolvam equipamentos que usem sistemas de visão Cognex na Bosch Car Multimédia.

Antes de iniciar o desenvolvimento do sistema foram efetuados testes ao ambiente de programação Microsoft Visual Studio, na vertente de desenvolvimento em VisualBasic.NET, ao sistema de inspeção Cognex e ao *software* de desenvolvimento da Cognex. Estes testes permitiram projetar a arquitetura para o sistema, que se apresenta na secção seguinte.

6.1. ARQUITETURA DO SISTEMA

A arquitetura desenvolvida para o funcionamento da interface CognexComm foi projetada com vista ao cumprimento dos objetivos especificados para o projeto. Como um dos objetivos é que a interface CognexComm seja compatível com todas as linguagens de programação, optou-se pelo desenvolvimento de uma DLL.

Uma DLL não é mais que uma biblioteca de funções, que pode ser chamada por uma ou mais aplicações em simultâneo, e que contém um conjunto de funções e procedimentos para efetuar determinada operação [12]. A DLL ao ser desenvolvida em Visual Basic .NET possui dependências de funções da Microsoft pelo que a CognexComm apenas irá funcionar em sistemas operativos Windows.

A DLL CognexComm irá ser invocada quando uma aplicação pretender comunicar com um sistema de visão. Dado que podem existir diversos sistemas de visão ligados ao mesmo equipamento (computador), a DLL irá ser invocada diversas vezes pelo que deve ser desenvolvida levando em conta este aspeto.

Por outro lado, existe também a necessidade de criar um método de interação com o utilizador da CognexComm para que este consiga realizar ações nos sistemas de visão, mas sem que interfira com o normal funcionamento do equipamento. Pretende-se, então, criar um objeto no ambiente de trabalho do computador onde seja possível verificar o estado do sistema de visão e realizar certas ações sem ocultar a janela da aplicação do equipamento (máquina). Assim, recorreu-se à adição de um ícone na bandeja do Windows (*system tray*) que simboliza a CognexComm (Figura 31). Ao clicar nesse ícone surge um menu com diversas opções, que serão descritas mais à frente.



Figura 31 Ícone da CognexComm na bandeja do Windows.

Este ícone deverá ser único para todos os sistemas de visão ligados ao computador para evitar a existência de diversos ícones iguais na bandeja do Windows, causando confusão e possíveis problemas de utilização. Por este motivo, no desenvolvimento da DLL existe uma parte do código que é comum a todos os sistemas de visão, ou seja, é iniciado quando a DLL arranca pela primeira vez e é encerrado quando o último sistema de visão for encerrado.

Face ao exposto, resultou a arquitetura de sistema da Figura 32.

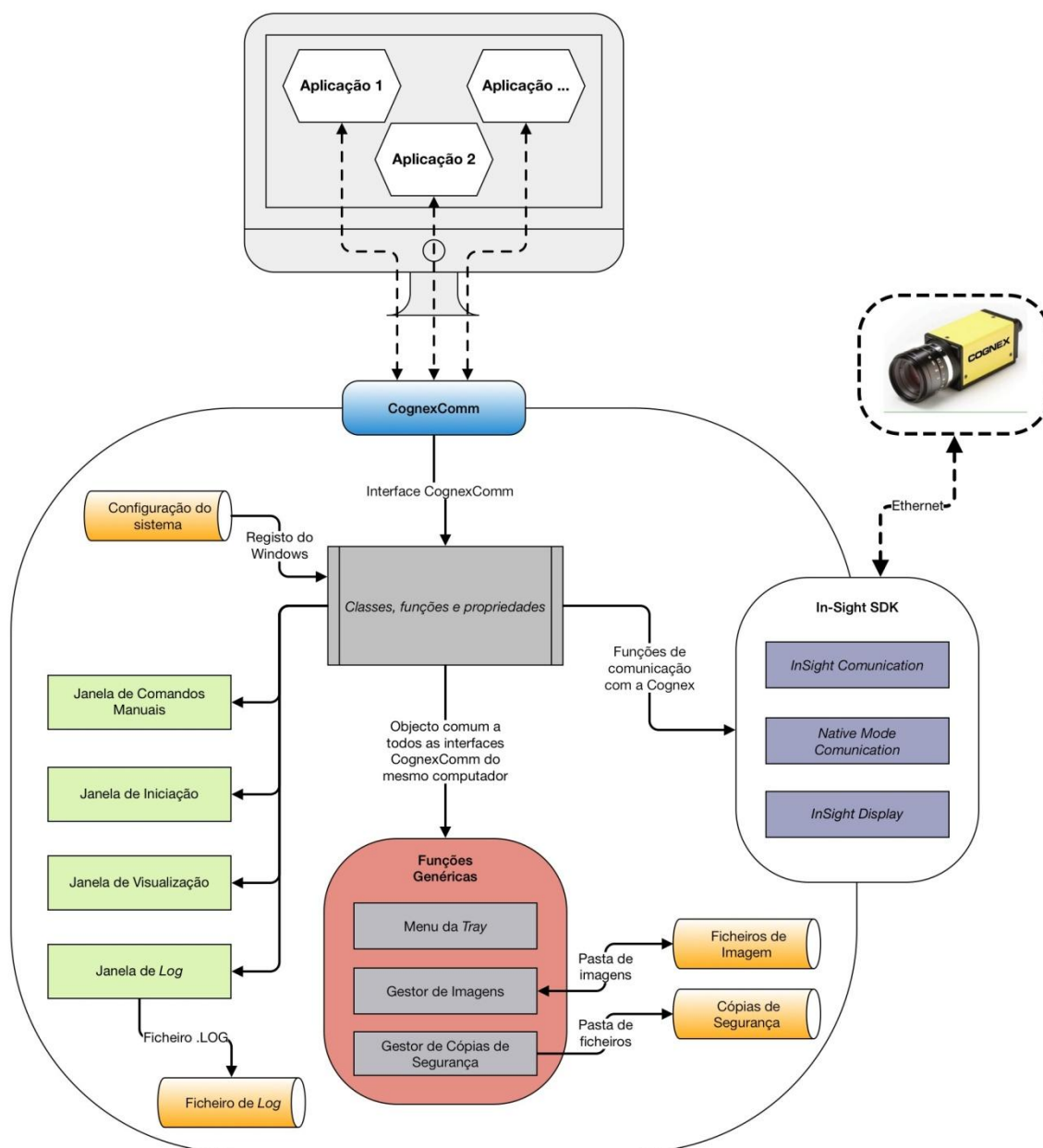


Figura 32 Arquitetura do sistema CognexComm.

A interface CognexComm disponibiliza funções às aplicações do equipamento. Essas funções podem executar comandos que necessitem de interagir com o sistema de visão e, nesse caso, é utilizado o componente In-Sight SDK que efetua toda a comunicação com o sistema de visão Cognex via interface Ethernet.

Por outro lado, existem funções que são genéricas a todos os sistemas de visão do equipamento tais como o ícone e menu da bandeja do Windows, o gestor de imagens adquiridas pelos sistemas de visão e o gestor de cópias de segurança do sistema de visão. Estas fun-

ções estão contidas numa classe (objeto) que é iniciada assim que o primeiro sistema arranca e que é fechada assim que o último sistema for encerrado.

Paralelamente existem diversas janelas de informação ou interação com o utilizador que são iniciadas com a CognexComm e que são exibidas sempre que o operador solicitar, quer via menu da bandeja do Windows, quer pelo lado da aplicação do equipamento via função (apenas para a janela de visualização).

Para que o sistema funcione de acordo com as pretensões do integrador e as necessidades do equipamento, existem configurações do sistema que estão guardadas no registo do Windows. Paralelamente existe um ficheiro de *log* que contém um registo de todos os eventos do sistema, mantendo o histórico dos eventos passados para permitir despistar eventuais problemas / avarias no sistema.

Um dos objetivos do sistema passa pela criação de cópias de segurança do sistema de visão e pela gravação das imagens das inspeções para futuras análises. Existe portanto, a necessidade de guardar os dados relativos a cada sistema de inspeção no disco rígido do computador de acordo com a estrutura de ficheiros que se pode observar na Figura 33.

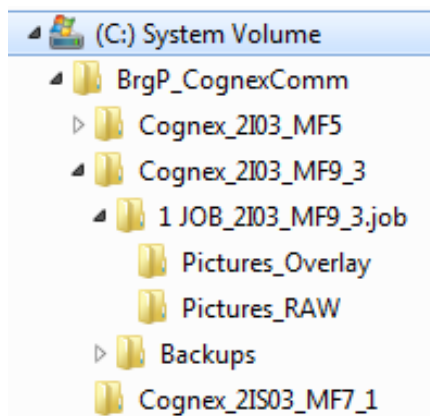


Figura 33 Estrutura de ficheiros da CognexComm.

Por sua vez, a interface disponibiliza uma série de funções e propriedades à aplicação do equipamento de forma a que esta consiga usufruir das funcionalidades do sistema de visão que são descritas de seguida.

6.2. FUNÇÕES E PROPRIEDADES IMPLEMENTADAS

As funções e propriedades implementadas decorrem das necessidades dos equipamentos e especialistas de processo face aos sistemas de visão instalados.

Estas funções podem ser chamadas por qualquer aplicação de *software* que necessite de interagir com um sistema de visão da marca Cognex e encontram-se listadas no Excerto de código 1.

```
Namespace BrgP.CognexComm

    Public Class CognexClient : Implements
    ICognexClient
    End Class

    Public Interface ICognexClient

        Enum CgxViewerState
            Hide
            Show
        End Enum

        ReadOnly Property Connected As Boolean

        Property ViewerState As CgxViewerState

        Function SendTrigger() As Boolean

        Function ProcessJob(ByVal Job As String)
        As Boolean

            Function ProcessJob(ByVal Job As String,
            ByVal PartID As String) As Boolean

                Function GetCellorTag(ByVal Tag As
                String, ByRef ReadValue As String) As Boolean

                    Function SetCellorTag(ByVal Tag As
                    String, ByRef WriteValue As String) As Boolean

                End Interface

            End Interface

        End Interface

    End Namespace
```

Excerto de código 1 Funções e propriedades implementadas

A interface de comunicação CognexComm está contida dentro do espaço de nomes BrgP que designa o conjunto de aplicações desenvolvidas pela Bosch Car Multimédia Portugal S.A (de forma a estruturar todas as aplicações desenvolvidas pela fábrica de Braga).

A interface CognexComm contém a classe geral de funções CognexClient que está definida de acordo com a seguinte lista de funções:

- Instanciação da Classe CognexClient
- Envia *Trigger* (SendTrigger)
- Processa *Job* (ProcessJob)
- Lê valor obtido pela Cognex (GetCellOrTag)
- Escreve valor para a Cognex (SetCellOrTag)

Na classe geral de funções CognexClient existem as seguintes propriedades:

- Verifica Estado da Ligação
- Janela de Visualização

O funcionamento e a explicação detalhada de cada função e propriedade são apresentados de seguida.

6.2.1. FUNÇÃO INSTANCIÇÃO DA CLASSE COGNEXCLIENT

A instanciação da classe CognexClient é feita sempre que qualquer aplicação quer comunicar com um sistema de visão. A instanciação é feita quando se cria a aplicação e é executada uma série de procedimentos de criação de objetos e janelas, bem como uma série de ligações ao sistema de visão.

A chamada a esta função é feita sempre que é executada o Excerto de código 2:

```
Dim MyCognexClient = New  
BrgP.CognexComm.CognexClient("",  
"Cognex_2I03_MF1", "")
```

Excerto de código 2 Instanciação da classe CognexClient

Após a execução com sucesso desta função, o sistema de visão fica operacional e pronto a receber comandos para processar a inspeção visual dos produtos.

Na Figura 34 encontra-se o fluxograma de funcionamento desta função.

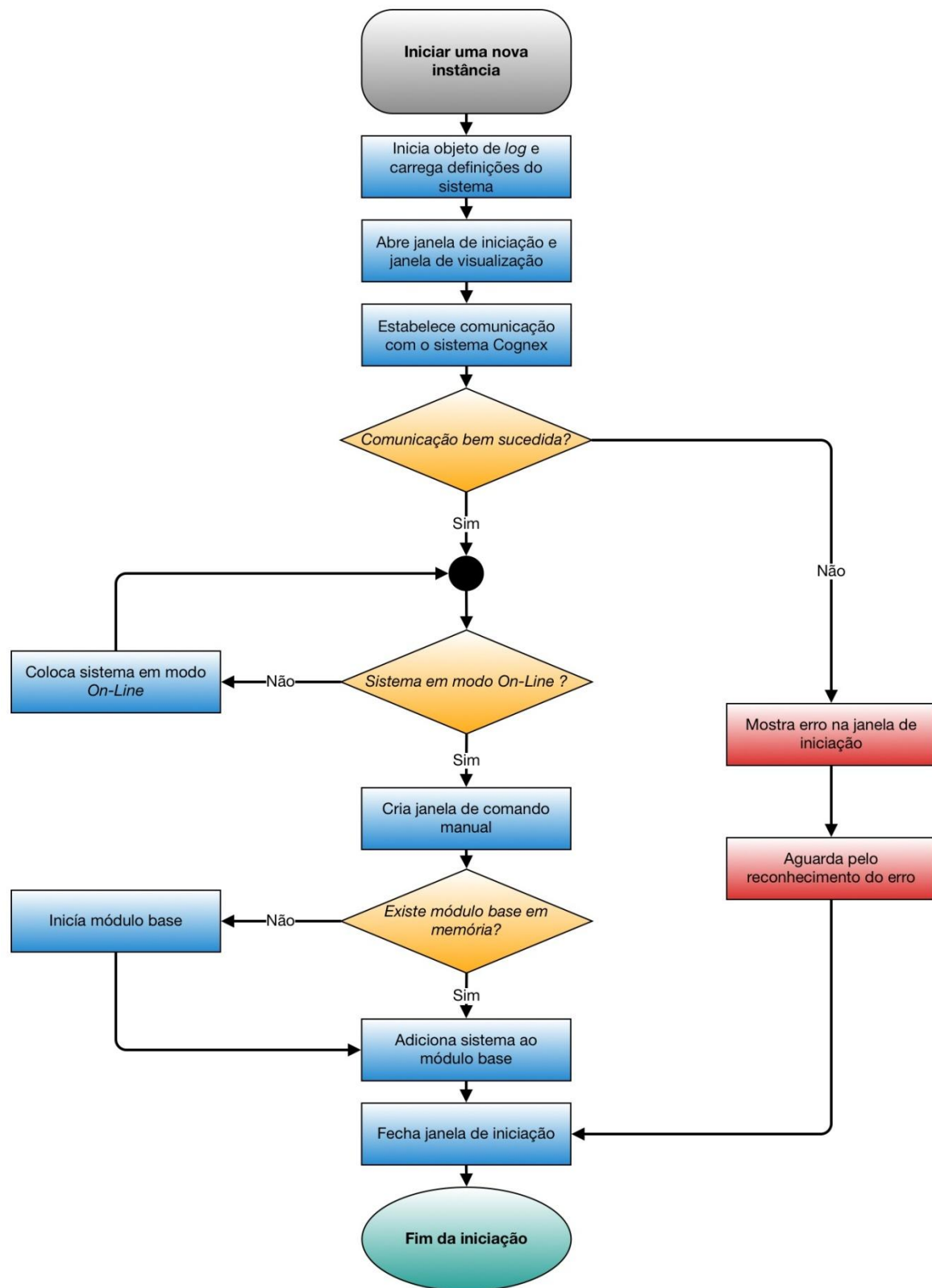


Figura 34 Fluxograma da iniciação da classe CognexClient.

6.2.2. FUNÇÃO ENVIA *TRIGGER*

Esta função permite enviar um *trigger* para o sistema de visão Cognex, ou seja, solicitar ao sistema para adquirir uma imagem e efetuar o processamento da imagem capturada de acordo com o *Job* carregado na altura do *trigger*.

Ao ser invocada esta função é executada uma série de procedimentos, apresentados na Figura 35.

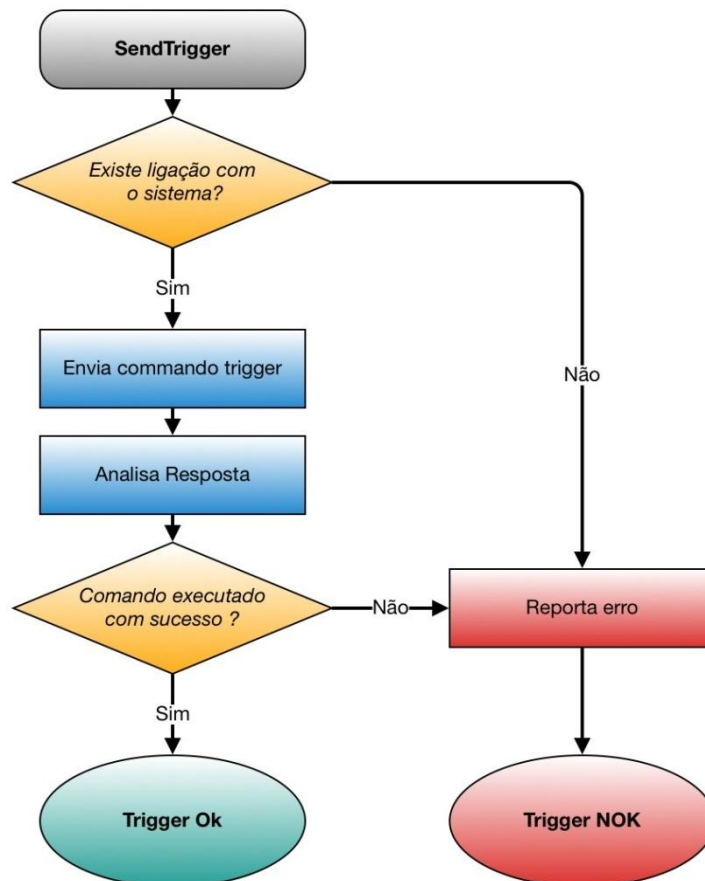


Figura 35 Fluxograma da função **SendTrigger**.

A função retorna um valor booleano conforme a sua execução tenha sido bem sucedida (“Verdadeiro”) ou caso tenha ocorrido algum erro durante a sua execução (“Falso”).

6.2.3. FUNÇÃO PROCESSA *JOB*

A função de processamento de um *Job* é a função principal de todo o sistema pois é chamada em todos os ciclos de funcionamento do equipamento. Ao executar esta função o equipamento indica expressamente qual o *Job* a executar. De seguida, a interface executa um *trigger* ao sistema de visão e um pedido de processamento do *Job* em causa, analisa e devolve o resultado final do *Job*.

O modo de funcionamento desta função pode ser visualizado na Figura 36.

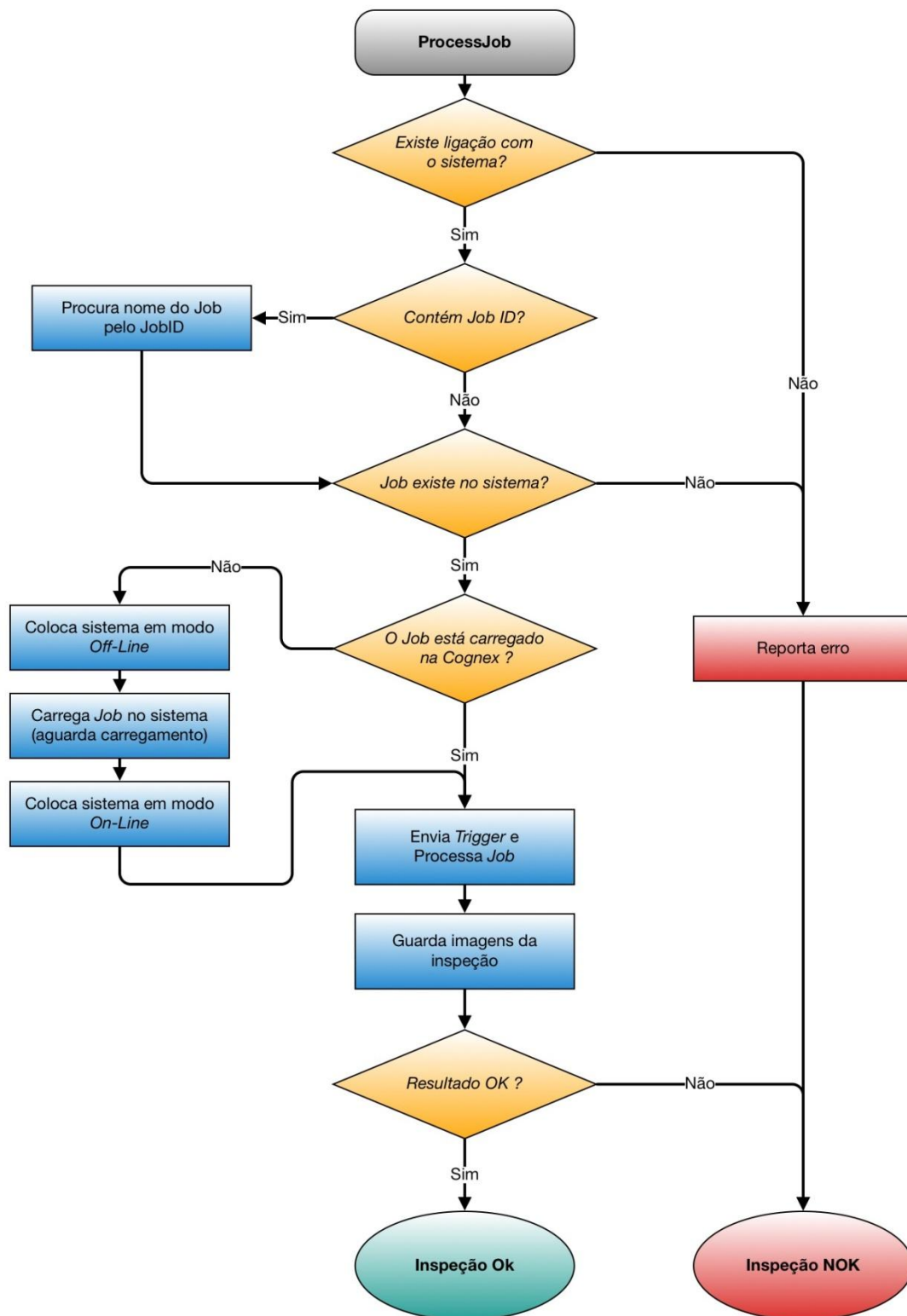


Figura 36 Fluxograma da função ProcessJob.

6.2.4. FUNÇÃO LÊ VALOR OBTIDO PELA COGNEX

Esta função permite ler valores e/ou resultados da última inspeção realizada no sistema de visão. Estes valores podem ser anotações (*Tags*) das várias ferramentas de visão do sistema (Figura 37) no caso do *Job* ser desenvolvido no ambiente *EasyBuilder* ou corresponder a células específicas no caso do ambiente ser o *SpreadSheet* (por exemplo A001).

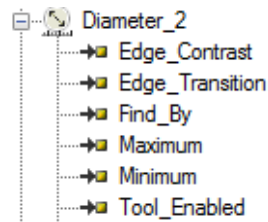


Figura 37 Exemplo das etiquetas simbólicas.

O funcionamento desta função encontra-se descrito no fluxograma da Figura 38.

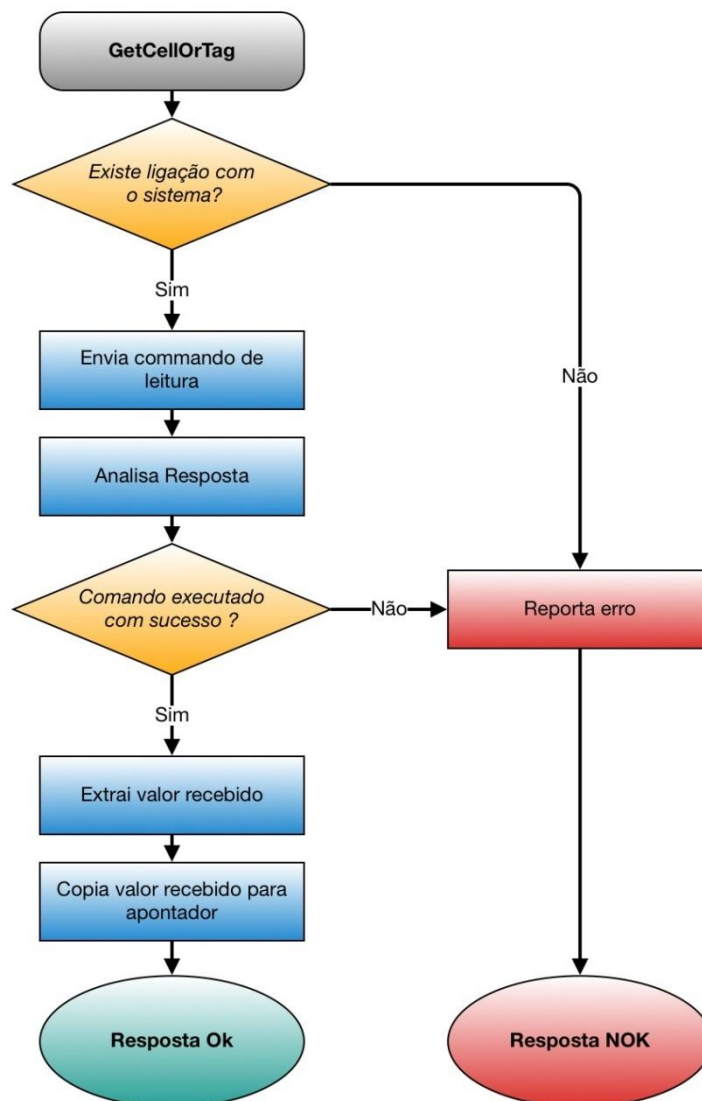


Figura 38 Fluxograma de funcionamento da função GetCellOrTag.

A função retorna um valor booleano conforme a sua execução tenha sido bem sucedida (“Verdadeiro”) ou caso tenha ocorrido algum erro durante a sua execução (“Falso”).

6.2.5. FUNÇÃO ESCRIVE VALOR PARA A COGNEX

Esta função permite escrever valores para o sistema de visão. Estes valores podem ser anotações (*Tags*) das várias ferramentas de visão que existem no sistema (Figura 37). Com esta função é possível ativar ou desativar determinadas ferramentas de visão dependendo da necessidade do equipamento para o produto em causa. O princípio de funcionamento é semelhante ao da função `GetCellOrTag` e pode ser observado na Figura 39.

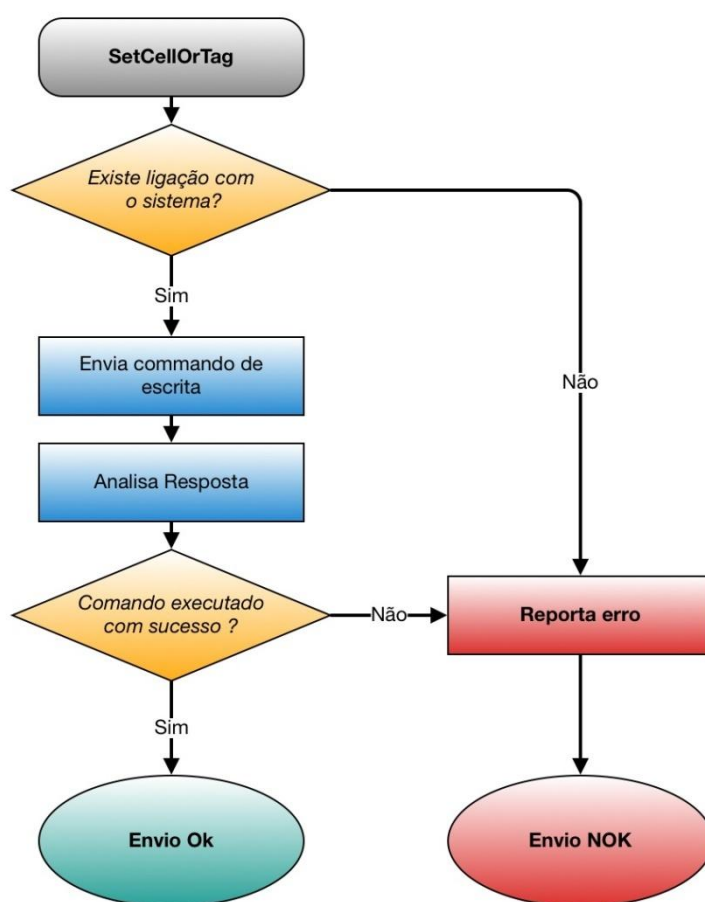


Figura 39 Fluxograma de funcionamento da função `SetCellOrTag`.

A função retorna um valor booleano conforme a sua execução tenha sido bem sucedida (“Verdadeiro”) ou caso tenha ocorrido algum erro durante a sua execução (“Falso”).

6.2.6. PROPRIEDADE VERIFICA ESTADO DA LIGAÇÃO

Esta propriedade indica o estado da ligação com o sistema de visão e retorna um valor booleano representando o estado atual da ligação. Caso o valor devolvido seja “Verdadeiro” então a ligação está ativa.

Esta propriedade apenas pode ser lida, não sendo possível a atribuição de qualquer valor.

6.2.7. PROPRIEDADE JANELA DE VISUALIZAÇÃO

Esta propriedade altera o estado de visibilidade da janela de visualização da inspeção em tempo real (Figura 40). O estado de visibilidade pode tomar dois valores possíveis: o valor “Hide” (escondido), caso em que a janela esteja escondida e não seja visível no monitor do computador, e o valor “Show” (visível), quando a janela está visível no centro e no topo de todas as restantes janelas do monitor.

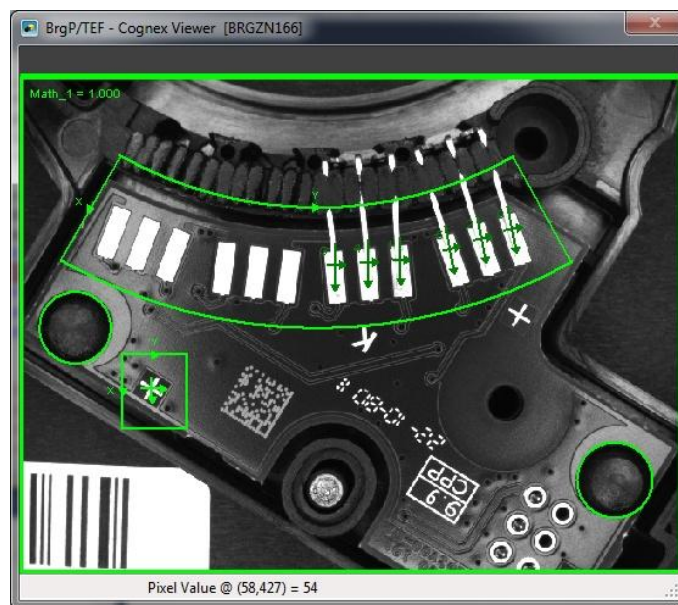


Figura 40 Janela de visualização da inspeção em tempo real.

Esta propriedade está definida para leitura e escrita, ou seja, é possível definir o estado da visibilidade bem como consultar o estado atual da janela de visualização.

6.3. INTERFACE COM OPERADOR

Para além das funções descritas anteriormente da interação da aplicação do equipamento (máquina) com o sistema de visão, existem outras funcionalidades que estão disponíveis através da interface. Nesse sentido, foi desenvolvido um conjunto de janelas e menus de interface com o utilizador de forma a permitir o acesso às restantes funcionalidades.

6.3.1. JANELA DE INICIAÇÃO

A janela de iniciação é exibida sempre que é arrancado um sistema de inspeção Cognex. Na janela é possível verificar a identificação do sistema de visão (endereço e identificador) bem como uma lista de todos os eventos gerados à medida que o sistema de inspeção arranca.

Se o arranque for efetuado com sucesso a janela é automaticamente fechada e o sistema fica pronto a receber comandos do *software* do equipamento. Caso ocorram erros durante a iniciação, a janela fica visível, indicando o erro que ocorreu (Figura 41) e só desaparece quando o utilizador pressionar o botão “OK” da janela.



Figura 41 Janela de iniciação (com erros).

De notar que caso ocorram erros durante a iniciação, o sistema de visão fica inoperacional.

6.3.2. MENU PRINCIPAL DO SISTEMA DE VISÃO

O menu principal do sistema de visão é a principal função da interface CognexComm. Este menu pode ser acedido através do ícone da bandeja do sistema. Ao clicar com o botão direito do rato sobre o ícone da interface CognexComm surge um menu listando todos os sistemas de visão que se encontram iniciados, tal como se pode verificar na Figura 42.

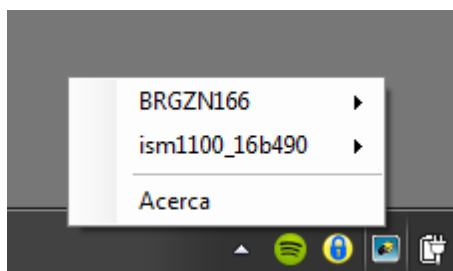


Figura 42 Menu de listagem dos sistemas de visão iniciados.

Ao mover o ponteiro do rato por cima do sistema de visão desejado, surge o menu principal do sistema de visão tal como ilustra a Figura 43.

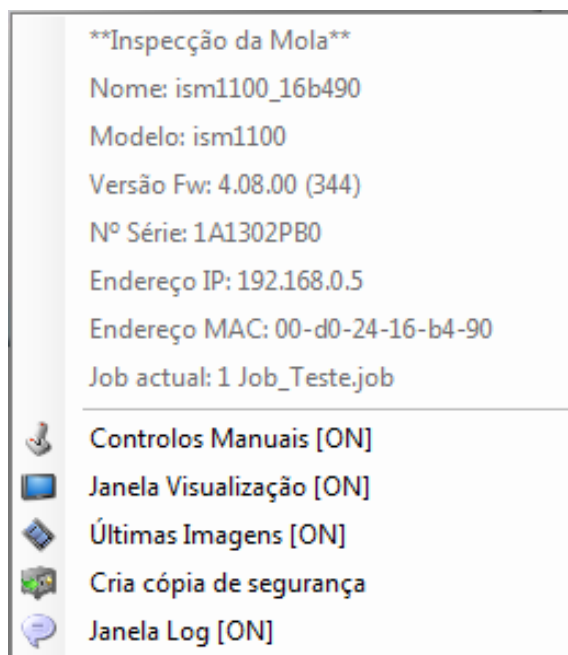


Figura 43 Menu principal do sistema de visão.

Na parte superior deste menu são apresentadas todas as informações relativas ao sistema de visão e ao seu estado atual e, na parte inferior, existe uma série de elementos que podem ser executados para elaborar determinadas. Estas funções incluem:

- Controlos Manuais – altera a visibilidade da janela de controlos manuais da interface CognexComm.
- Janela Visualização – altera a visibilidade da janela de visualização em tempo real da inspeção.
- Últimas Imagens – altera a visibilidade da janela de visualização das últimas imagens adquiridas pelo sistema de visão.
- Cria cópia de segurança – efetua uma cópia de segurança ao sistema de visão e a todos os seus programas de inspeção. Ao iniciar esta função é solicitado ao operador um comentário descritivo do motivo da cópia de segurança para ser anexado à mesma. Este comentário, que é opcional, ajuda aquando da reposição de uma cópia de segurança.
- Janela *Log* - altera a visibilidade da janela de *log* do sistema.

6.3.3. JANELA DE CONTROLOS MANUAIS

A janela de controlos manuais apresentada na Figura 44 permite controlar e executar uma série de funções manualmente. Todas as funções podem ser executadas com o sistema de visão em funcionamento normal, evitando a necessidade de parar o posto de montagem para efetuar determinada operação.

Esta janela foi criada com o intuito de testar o funcionamento do sistema de visão e dos próprios programas de inspeção e destina-se aos técnicos de manutenção ou engenheiros de processo.

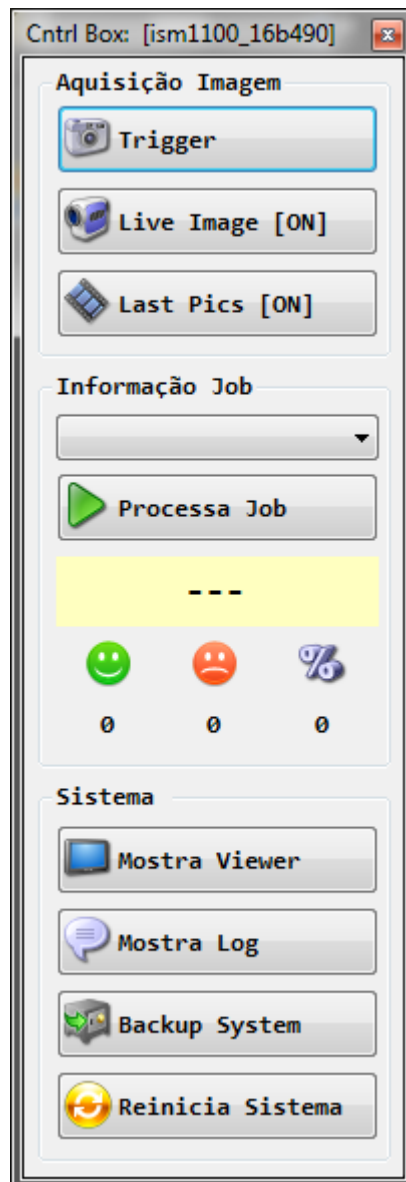


Figura 44 Janela de controlos manuais.

Esta janela está dividida em 3 grupos de funções. O grupo superior, denominado “Aquisição Imagem”, destina-se a executar funções relativas à aquisição de imagem do sistema de visão. O grupo central, intitulado “Informação Job”, contém as funções relativas ao *Job* de inspeção do sistema de visão. O grupo inferior (“Sistema”) contém as funções diretamente ligadas com o sistema de visão e com a interface CognexComm.

Para melhor compreensão de cada funcionalidade, são descritas de seguida as funções de cada elemento desta janela.

- *Trigger* – envia um comando de *trigger* ao sistema de visão (adquire uma imagem).

- *Live Image* – coloca o sistema de visão em modo de aquisição permanente de imagens (tipo vídeo) para ajuste da posição do sistema de visão e da iluminação.
- *Last Pics* – altera a visibilidade da janela de visualização das últimas imagens adquiridas pelo sistema de visão.
- *Processa Job* – executa uma inspeção específica a um *Job* (escolhido no seletor que se encontra por cima deste elemento) e mostra o resultado final da inspeção no indicador que se encontra abaixo deste. A estatística que é apresentada refere-se ao *Job* selecionado e é reiniciada sempre que o *Job* atual é alterado por outro *Job*.
- *Mostra Viewer* – altera a visibilidade da janela de visualização em tempo real.
- *Mostra Log* - altera a visibilidade da janela de *log* do sistema.
- *Backup Sistema* – efetua uma cópia de segurança do sistema de visão e de todos os programas de inspeção. Ao iniciar esta função é solicitado ao operador um comentário descritivo do motivo da cópia de segurança para ser anexado à mesma.
- *Reinicia Sistema* – reinicia o sistema de visão, desligando a alimentação do sistema e voltando a restabelecê-la.

6.3.4. JANELA DE VISUALIZAÇÃO

De forma a permitir ao operador ver em tempo real o resultado da inspeção do sistema Cognex e foi criada a janela de visualização.

A Figura 45 possui uma janela que está ligada ao sistema de visão e que, sempre que ocorre um *trigger* do sistema de visão (e o processamento do *Job* tenha terminado), atualiza a imagem de acordo com a imagem da última inspeção.

A imagem da inspeção apresenta as ferramentas de inspeção e o resultado que é indicado através da cor da ferramenta (cor verde caso o resultado seja OK e cor vermelha caso o resultado seja NOK). Paralelamente o contorno exterior da imagem representa a avaliação final da inspeção representado pela cor que apresenta.

Esta janela apresenta-se por cima de todas as janelas do sistema, sendo a sua visibilidade definida através da aplicação do equipamento (via função) ou nos diversos menus do sistema de visão.

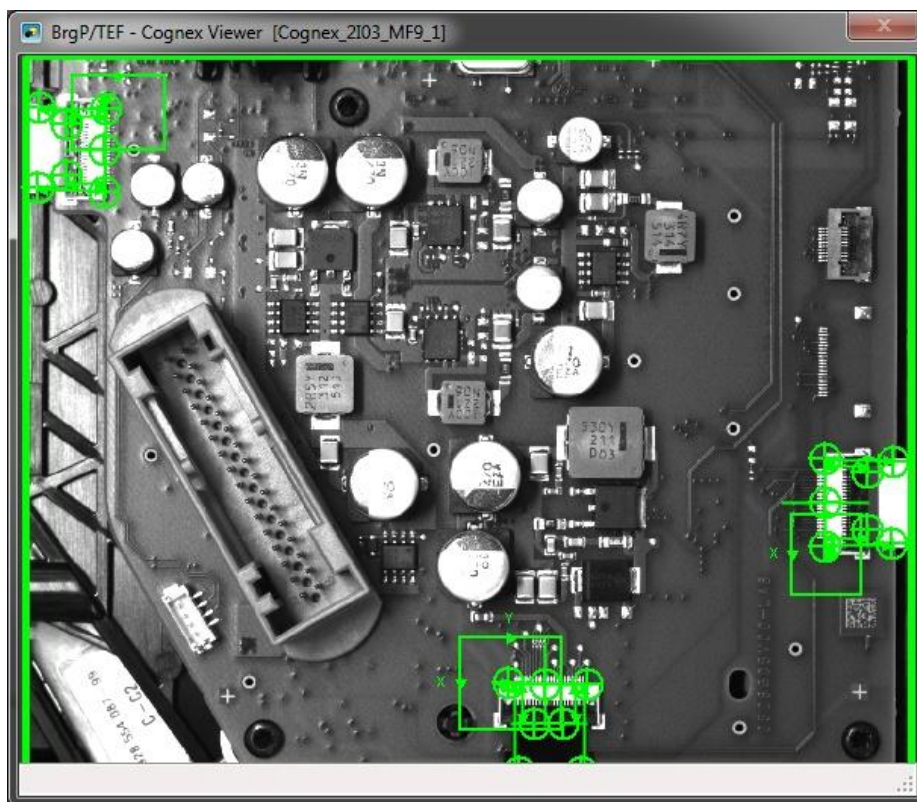


Figura 45 Janela de visualização.

6.3.5. JANELA DE VISUALIZAÇÃO DAS ÚLTIMAS IMAGENS

A janela de visualização das últimas imagens apresenta as imagens resultantes das últimas inspeções (aquisições), permitindo aos técnicos de manutenção ou engenheiros de processo visualizar ocorrências passadas e verificar o resultado das inspeções.

O sistema foi projetado para mostrar as últimas cinco imagens do *job* que se encontra em execução. Caso o *job* seja alterado, a janela carrega as imagens relativas ao novo *job* selecionado.

A janela de visualização está programada para ocupar toda a altura disponível no monitor e situar-se do lado esquerdo do ambiente de trabalho - Figura 46.

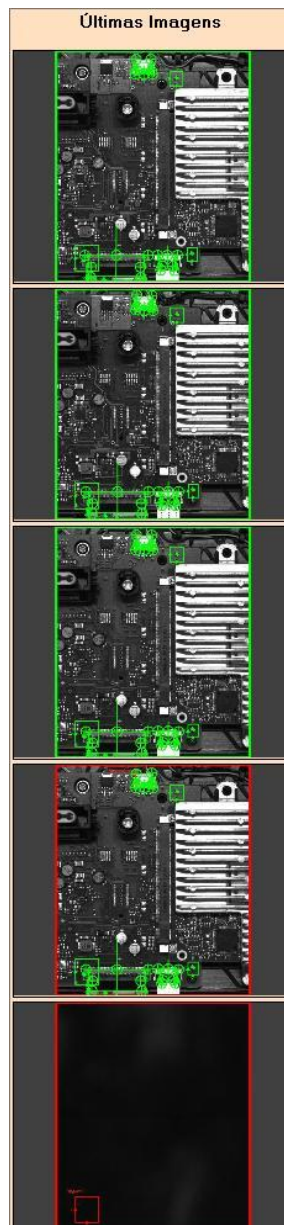


Figura 46 Janela de controlos visualização das últimas imagens.

Ao premir com o botão esquerdo do rato sobre cada imagem é aberta uma janela com a imagem ampliada.

6.3.6. JANELA DE LOG

A janela de *log* (cujo exemplo se mostra na Figura 47) foi desenvolvida com o intuito de apresentar todos os eventos e erros que ocorreram na interface CognexComm durante o seu funcionamento. Na janela existe uma listagem, ordenada pela hora de ocorrência do acontecimento, onde é possível verificar o módulo que gerou o evento e a mensagem descritiva do evento ocorrido e dos possíveis erros.

Sempre que é adicionado um evento à janela de log o mesmo é adicionado a um ficheiro de texto denominado “CognexComm.Log” que se encontra na pasta do sistema de visão em causa.

Sempre que o ficheiro de *log* atinja a dimensão de 5 Mb é copiado para um ficheiro com a extensão “.Old”, onde permanecerá até ao ficheiro de *log* seguinte atingir 5 Mb.

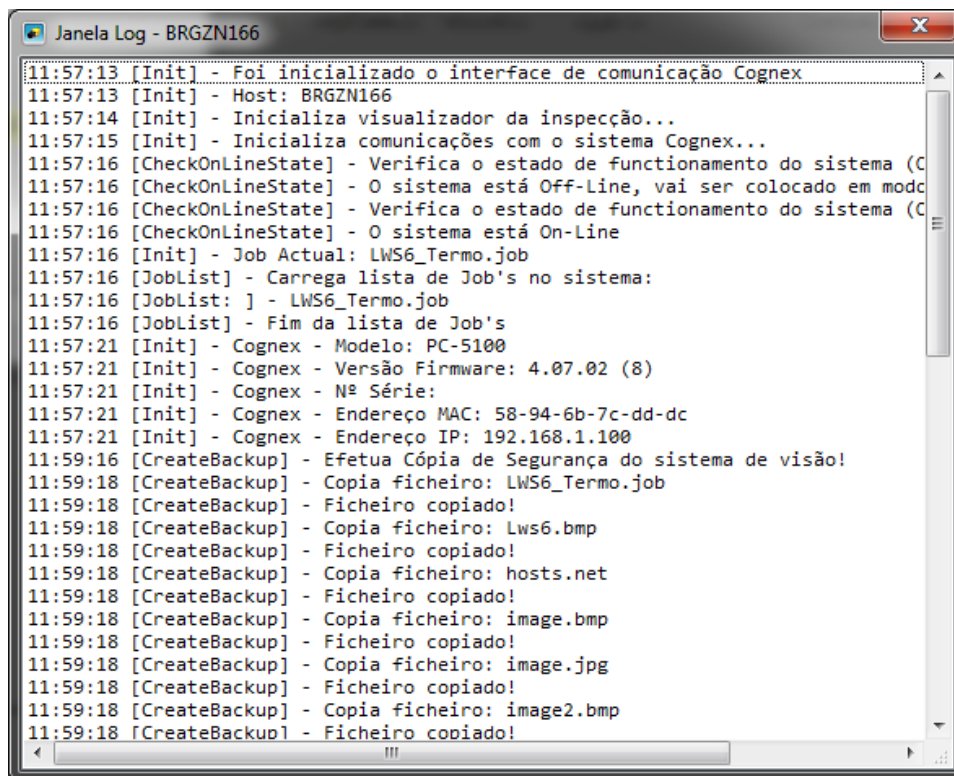


Figura 47 Janela de *log*.

Conclusão do capítulo

Neste capítulo após o desenvolvimento e teste em ambiente de laboratório, passou-se ao teste em ambiente de produção. Nesta situação é possível testar todas as funções e funcionalidades na sua plenitude e avaliar possíveis erros e problemas do sistema desenvolvido em produção contínua.

7. TESTES AO SISTEMA

Neste capítulo vão ser apresentados os diversos testes efetuados ao sistema em modo de produção. Os testes à interface CognexComm foram levados a cabo no posto de montagem AMF140 (MF9) da linha de produção 2I03, que fabrica sistemas de instrumentação (quadrante de instrumentos).

7.1. CARATERIZAÇÃO DO POSTO DE MONTAGEM SELECIONADO PARA EXECUTAR OS TESTES

A escolha deste posto para os testes do sistema baseou-se no facto de estar integrado numa linha de produção que se encontra numa fase de instalação e onde os produtos ainda não entraram na fase de produção em série, o que permite testar o sistema e analisar possíveis erros com mais calma e sem as pressões das paragens de linha. Nesta mesma linha existem outros postos com sistemas de visão da Cognex, mas nenhum deles possui tantos sistemas de visão como no AMF140, o que o torna ideal para testar o funcionamento da interface CognexComm com vários sistemas em simultâneo.

No posto em questão existem três sistemas de visão Cognex e todos eles estão a verificar a correta montagem de componentes dos produtos. Tais componentes estão definidos pela engenharia de processo como componentes críticos para o produto e uma falha na sua

montagem pode originar um defeito que tem implicações no correto funcionamento do produto.

Os sistemas de visão instalados no posto AMF140 inspecionam dois tipos de montagens. A primeira, é a montagem de um conector do altifalante do sistema de instrumentos, cuja imagem de inspeção se encontra na Figura 48.

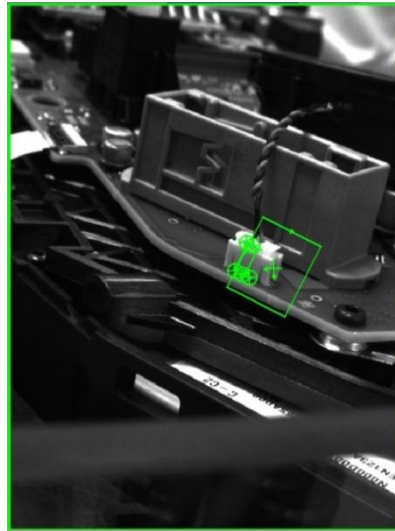


Figura 48 Inspeção do conector do altifalante.

A outra montagem inspecionada no posto é a ligação das várias *foils* do *display* à placa de circuito impresso (PCB). Estas ligações permitem transmitir a informação que será apresentada no *display* para visualização pelo condutor do automóvel. Uma vez que o produto possui diversas *foils*, distribuídas por diferentes localizações da PCB, existem dois sistemas de visão a inspecionar tal montagem. Uma imagem de inspeção de um destes sistemas encontra-se na Figura 49.

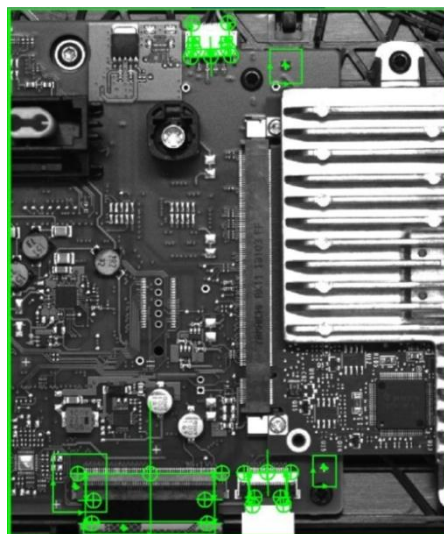


Figura 49 Inspeção das *foils* do *display*.

A Figura 50 apresenta uma imagem do posto AMF140.






Figura 50 **Posto de montagem AMF140.**

Este posto possui três sistemas de visão Cognex: dois sistemas In-Sight 5605-11 para inspecionar a correta montagem e ligação das *foils* do *display* à PCB e um sistema In-Sight Micro 1100-11 para detetar a correta montagem e ligação do conector do altifalante à PCB.

Na Tabela 6 são apresentados os vários sistemas de visão instalados no posto AMF140, a identificação de cada sistema e a sua tarefa de inspeção durante o processo de montagem.

Tabela 6 Sistemas de inspeção Cognex presentes no posto AMF140.

Nome sistema		Cognex_2I03_MF9_1	Cognex_2I03_MF9_2	Cognex_2I03_MF9_3
Modelo		In-Sight 5605-11	In-Sight 5605-11	In-Sight Micro 1100-11
				
Produto	Modelo 1	Não utilizada	Inspeção do conector do altifalante	Não utilizada
	Modelo 2	Inspeção da conexão das <i>foils</i> do <i>display</i>	Inspeção da conexão das <i>foils</i> do <i>display</i>	Inspeção do conector do altifalante

Na Figura 51 é identificada a posição de cada um dos sistemas de visão no posto AMF140.

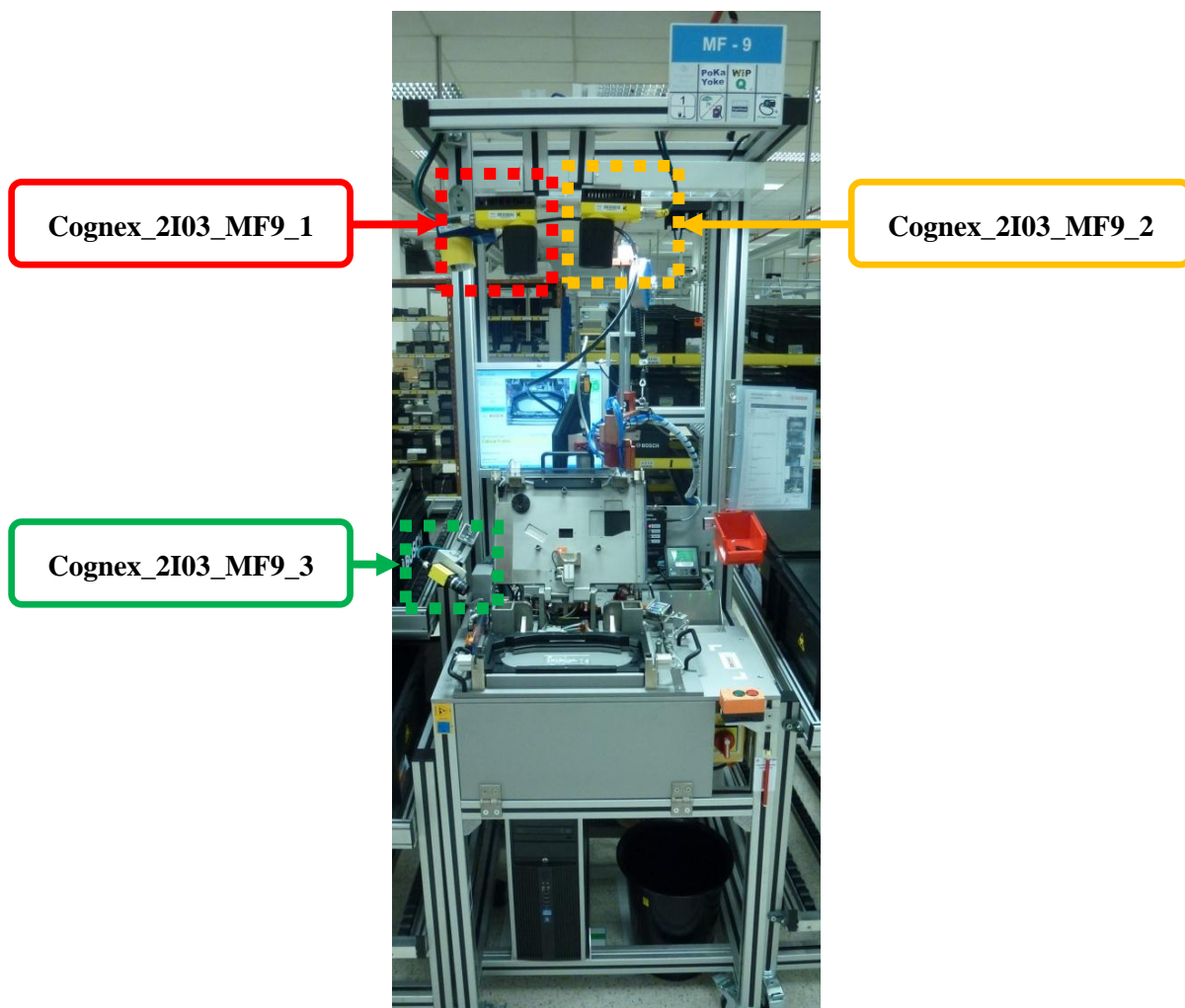


Figura 51 Localização dos sistemas de visão no posto AMF140.

7.2. INSTALAÇÃO DO SOFTWARE NO EQUIPAMENTO

De forma a implementar a interface CognexComm no equipamento em questão foi necessário obter o código fonte do *software* do equipamento. Seguidamente, procedeu-se à sua alteração de forma a que a comunicação com o sistema de visão deixasse de ser efetuado através de I/O digitais e passasse a ser efetuada através das funções disponibilizadas pela interface CognexComm via Ethernet.

O *software* que controla o posto de montagem AMF140 é denominado de “Workbench ASI V2” e foi desenvolvido em VisualBasic.NET. Esse *software* é um padrão da Bosch Car Multimédia para os postos de montagem manual e já se encontra espalhado por mais de 150 equipamentos distintos. Este facto pode considerar-se uma vantagem pois, ao ser o *software* escolhido para os testes, pode potenciar a utilização da interface CognexComm em massa com um esforço reduzido.

A interface gráfica do *software* “Workbench ASI V2” apresenta-se de seguida na Figura 52.



Figura 52 Interface gráfica do *software* “Workbench ASI V2”.

O funcionamento do *software* “Workbench ASI V2” é baseado num sequenciador que determina uma série de operações definidas de uma forma sequencial e ordenada. Desta forma, apenas foi necessário alterar as etapas da sequência onde os sistemas de visão são utilizadas.

O código fonte do *software* “Workbench ASI V2” foi alterado da forma que se descreve de seguida para incluir a chamada às funções da interface CognexComm (apenas vão ser apresentadas as alterações para um dos sistemas de visão uma vez que para os restantes o processo é idêntico).

Quando o *software* do equipamento é iniciado para um produto são criadas as instâncias dos sistemas de visão utilizados nesse produto através do Excerto de código 3:

```
Dim cgnxDireita As CognexClient = New  
CognexClient("",  
"Cognex_2I03_MF9_2.brg.pt.bosch.com")  
Dim cgnxEsquerda As CognexClient = New  
CognexClient("",  
"Cognex_2I03_MF9_1.brg.pt.bosch.com")  
Dim cgnxMicro As CognexClient = New  
CognexClient("",  
"Cognex_2I03_MF9_3.brg.pt.bosch.com")
```

Excerto de código 3 Instanciação dos sistemas de visão

Neste produto, como são utilizados três sistemas de visão foram criadas três instâncias do CognexClient (interface CognexComm).

Após o arranque do sistema de visão, é necessário alterar a etapa do sequenciador de forma a que, antes de ser solicitado ao operador que pressione o botão manual para iniciar a inspeção óptica, seja aberto o visualizador em tempo real para exibir os resultados da inspeção seguida efetuar. Assim, foi adicionado o Excerto de código 4 para mostrar o visualizador:

```
cgnxEsquerda.ViewerState = ICognex-  
Client.CgxViewerState.Show
```

Excerto de código 4 Colocação da janela do visualizador visível

Na etapa de inspeção propriamente dita é necessário invocar as funções de processamento do ciclo de inspeção para o produto em causa, tendo-se adicionado o Excerto de código 5:

```
bCognexResult = cgnxEsquerda.ProcessJob(Sensor1,  
radioPN + "_" + radioSN)
```

Excerto de código 5 Processa um *Job* de inspeção

Pode-se observar que é enviada a variável `Sensor1`, que contém o nome do Job pretendido para o produto, e as variáveis `radioPN` e `radioSN`, que contém o tipo e o número de série do produto que está atualmente no posto. Esta informação é armazenada no ficheiro de imagem que é guardado para análise.

Seguidamente, são recolhidos os dados resultantes da inspeção para posterior envio ao sistema MIS da fábrica, sendo executada o seguinte Excerto de código 6:

```
strGetTagResult = ""

cgnxEsquerda.GetCellorTag("_Foil_Cima_.Pass",
strGetTagResult)

If (strGetTagResult <> "1.000") Then
....(Função de escrita para Mis) ....
End If
```

Excerto de código 6 Recolha dos dados resultantes da inspeção

A função descrita lê o valor da *tag* simbólica denominada de “_Foil_Cima_.Pass” (estado da inspeção de um grupo de ferramentas de visão) e devolve-o à variável `strGetTagResult`. De seguida, o valor lido é analisado e, caso o grupo de ferramentas tenha falhado a inspeção, é escrito na base de dados.

Por fim, terminada a inspeção, é fechada a janela de visualização em tempo real com o Excerto de código 7:

```
cgnxDireita.ViewerState = ICognex-
Client.CgxViewerState.Hide
```

Excerto de código 7 Colocação da janela do visualizador oculta

O programa manter-se-á em ciclo fechado até ocorrer uma troca de produto ou o fecho da aplicação de controlo do posto de montagem. Nesse caso, é executado o Excerto de código 8 para libertar os recursos alocados a cada um dos sistemas de visão:

```
cgnxDireita.Dispose()
cgnxEsquerda.Dispose()
cgnxMicro.Dispose()
```

Excerto de código 8 Libertação dos recursos alocados a cada sistema de visão

Feitas estas alterações para os diversos sistemas de visão e para as diferentes etapas de inspeção contidas na sequência do processo, a aplicação do posto é compilada.

Para que a interface CognexComm seja executada com sucesso, devem estar instalados os componentes centrais da Cognex (requisito obrigatório para que as funcionalidades de comunicação com os sistemas Cognex funcionem). Tais componentes são instalados ao executar o instalador “Cognex In-Sight Core Components 4.7.2” que pode ser descarregado gratuitamente da Internet (www.cognex.com/support) ou podem ser encontrados no CD de instalação que acompanha cada sistema de visão da Cognex. No Anexo B encontra-se o guia de instalação dos componentes centrais da Cognex.

Uma vez que o sistema foi desenvolvido e compilado para a versão 4.7.2 do conjunto de desenvolvimento de *software* (SDK) da Cognex, os componentes centrais a instalar devem ser também da versão 4.7.2. Caso contrário, algumas das funcionalidades do sistema podem não funcionar corretamente.

Encontrando-se os componentes centrais instalados, é necessário incluir o ficheiro da interface CognexComm (`BrgP_CognexComm.dll`) na pasta da aplicação do equipamento.

A partir deste ponto a aplicação do equipamento já se encontra pronta a ser executada com as funcionalidades da CognexComm embebidas.

7.3. TESTES EM PRODUÇÃO

Foram realizados os testes em produção, para validar todo o projeto e desenvolvimento da interface CognexComm e encontrar possíveis erros que não tenham sido detetados na fase de testes em laboratório.

Ao iniciar o *software* do posto foi iniciada a interface CognexComm que, por sua vez, abriu a janela de iniciação do sistema de visão em causa como se pode verificar na Figura 53. Este facto permitiu concluir que a interface estava a arrancar e que os componentes centrais estavam instalados corretamente.

Após este teste inicial, foram testadas as restantes funcionalidades de inspeção em produção, nomeadamente a visualização e gravação das imagens obtidas e processadas pelo sistema de visão.

Por razões de confidencialidade para com os clientes dos produtos produzidos nesta linha de produção, não foi permitido incluir fotografias ou imagens relativas ao processo de montagem (em que o sistema de visão opera e inspeciona). Por este motivo não é possível

apresentar aqui imagens do funcionamento das restantes funcionalidades da interface CognexComm em modo de produção.

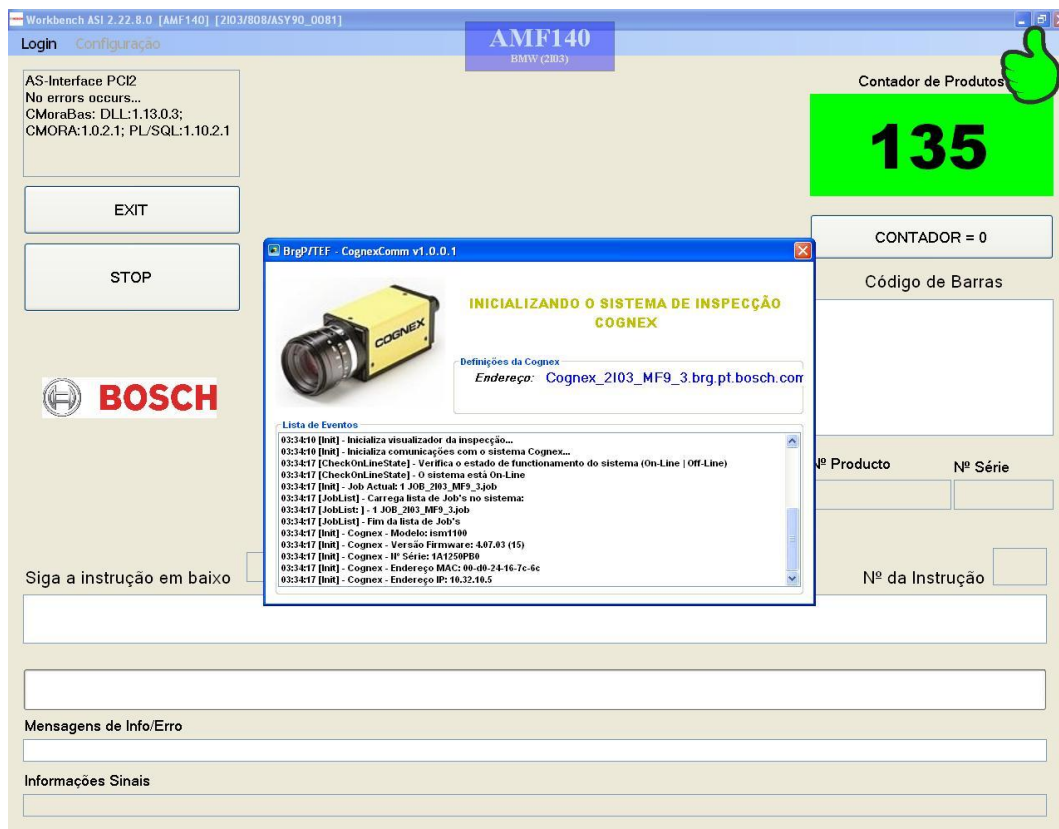


Figura 53 Inicialização da interface CognexComm no posto de testes.

De seguida vão ser descritos os principais problemas enfrentados durante os testes e quais as soluções encontradas para os ultrapassar.

7.4. PROBLEMAS ENCONTRADOS

Durante os testes foram encontrados diversos problemas ou detalhes que não foram contemplados ou pensados inicialmente.

7.4.1. RESULTADO DA INSPECÇÃO INCONSISTENTE

Ao processar um *Job* com peças mal montadas no produto, o resultado da inspeção era positivo (produto bom), apesar de este estar mal montado. O problema era detetado quando era processada uma nova ordem de inspeção.

Após analisar a documentação do sistema de visão e dos métodos de obtenção do resultado da inspeção, verificou-se que o resultado da inspeção só pode ser considerado após a ocorrência do evento *ResultChanged* e não após o retorno da função de *trigger*.

Para resolver este problema, após o envio do comando de *trigger* para o sistema de visão, a interface CognexComm aguarda pela ocorrência do evento *ResultChanged* e só depois é que valida o resultado da inspeção. O problema foi resolvido e após esta alteração o resultado das inspeções foram validadas.

7.4.2. JANELA DE VISUALIZAÇÃO SEMPRE EM CIMA

A janela de visualização da imagem de inspeção em tempo real foi definida com a propriedade sempre em cima de todas as janelas do sistema.

Esta característica é bastante útil e bem-vinda durante a produção. No entanto, aquando da manutenção ou configuração do sistema torna-se penoso abrir outras janelas (por exemplo a janela de *log*) uma vez que a janela de visualização está constantemente por cima das outras janelas.

A solução implementada para contornar esta situação passou por a janela só se encontra em cima das restantes caso a visibilidade da janela tenha sido definida via função da interface CognexComm. Se for chamada por uma das funções manuais pelo operador, esta já não se sobrepõe por cima das outras janelas.

7.4.3. LIMITE DE IMAGENS

As imagens de inspeção são guardadas com os gráficos da inspeção (*overlay*) e a imagem original (em formato RAW) para posterior análise de defeitos ou ajustes do sistema de visão. Em sistemas Cognex do tipo 5605-11 as imagens RAW ocupam cerca de 5 Mb de espaço, enchendo rapidamente o disco rígido do computador.

Após uma reunião com o engenheiro de processo responsável pelos sistemas de visão Cognex foi determinado um limite máximo de 200 imagens em formato RAW para cada *Job* de inspeção.

O *software* foi alterado de forma a manter as 200 imagens mais recentes, eliminando a imagem mais antiga sempre que é adicionada uma imagem mais recente.

7.4.4. DESCONEXÃO DO SISTEMA E RECUPERAÇÃO DA LIGAÇÃO

Durante a fase de desenvolvimento do sistema, foi considerado que a ligação entre a interface CognexComm e o sistema de visão Cognex iria ser estabelecida no arranque e que permaneceria ativa durante todo o tempo de funcionamento da aplicação do equipamento.

Tal suposição caiu por terra quando surgiu a necessidade de ajustar uma inspeção de visão com o sistema em funcionamento. Quando se utiliza a aplicação In-Sight Explorer de configuração dos sistemas de visão Cognex e se estabelece uma ligação com o sistema de visão em causa, a ligação entre a interface CognexComm e o sistema de visão é desligada.

Para resolver este problema foi adicionada à função que verifica o estado da ligação a possibilidade de a restabelecer caso esteja desligada.

Até a data da redação deste relatório não surgiram falhas no sistema.

Conclusão do capítulo

Neste capítulo de forma a resumir todo o trabalho efetuado e os resultados obtidos ao longo de todo o processo de desenvolvimento, desde a apresentação inicial do projeto, até à sua colocação em funcionamento em ambiente de produção, apresenta-se no próximo capítulo a conclusão do projeto e algumas ideias de melhoria a implementar em futuros desenvolvimentos.

8. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Os sistemas de visão artificial têm vindo a ser largamente utilizados na indústria como forma de melhorar a deteção de erros e defeitos que podem ocorrer pela execução errada de uma determinada tarefa ou pela integração com os equipamentos de forma a automatizar determinados processos (como por exemplo os processos robotizados).

Uma empresa de excelência, que procura da qualidade perfeita como a Bosch Car Multimédia Portugal, S.A começou a investir nos últimos anos em sistemas de inspeção, na sua maioria para a verificação do processo de montagem manual dos componentes dos seus produtos. Em 2009 a Bosch em Braga tinha um sistema de visão artificial da marca Cognex em funcionamento; atualmente já possui cerca de 70 sistemas destes, o que mostra claramente a aposta da empresa em sistemas de deteção eficazes e automáticos.

Com este incremento exponencial dos sistemas de visão, emergiu a oportunidade de se criar um sistema que permitisse integrar de uma forma fácil estes sistemas com os equipamentos (novos ou já existentes). É neste contexto que surge este projeto de desenvolvimento de uma interface (CognexComm) que permita a utilização destes sistemas de uma forma

fácil, que facilite as tarefas de manutenção e recolha indicadores de qualidade dos mesmos sistemas.

O desenvolvimento e implementação da interface CognexComm em funcionamento veio de encontro às exigências existentes e resultou na utilização de diversas técnicas e tecnologias.

Para facilitar a integração do sistema com outras aplicações, optou-se pela implementação de uma DLL de interface que pudesse ser chamada e executada por qualquer aplicação de uma forma transparente. Neste sentido foi necessário adquirir competências na criação de DLL em VisualBasic.NET.

Foi necessário também estudar o protocolo de comunicação do sistema de visão Cognex (Ethernet), tendo-se verificado que era necessário um SDK para comunicar com os sistemas In-Sight da Cognex. Para este efeito procedeu-se à sua compra para permitir a integração com o *software*. O processo de compra foi moroso e foram necessários dois meses até se conseguir a licença de *software* para iniciar os testes de comunicação.

Uma vez estabelecido o meio de comunicação com o sistema de visão, foram desenvolvidas as várias funcionalidades pretendidas. Inicialmente foram desenvolvidas todas as funções que são disponibilizadas à aplicação do equipamento e estas foram testadas com recurso a uma aplicação de teste (também desenvolvida em VisualBasic.NET). Seguidamente foram desenvolvidas as várias janelas de interação com o operador (janela de *log*, visualização em tempo real, controlos manuais). A partir deste ponto foi lançada uma versão de teste, que foi colocada em ambiente produtivo para validar e testar o sistema desenvolvido.

Paralelamente, continuaram a ser desenvolvidas as restantes funcionalidades, nomeadamente, cópias de segurança, escrita para o servidor da rastreabilidade e, em último lugar a visualização das últimas imagens provenientes das inspecções, pela complexidade em lidar com o número de ficheiros que provinham de cada *Job*, de cada sistema de inspeção e que tinham que ser guardados no computador de uma forma organizada.

Devido à falta de tempo para o desenvolvimento, não foi implementada a funcionalidade de monitorização dos parâmetros críticos do sistema. Contudo, foi feita uma pesquisa sobre como determinar alterações nos programas de inspeção e verificou-se que a Cognex

contém uma funcionalidade (denominada de “*Audit-Messaging*”) que, quando ativa, envia mensagens para uma porta TCP de um servidor sempre que algum parâmetro crítico seja alterado no sistema de visão.

A versão final desenvolvida encontra-se atualmente em funcionamento permanente num posto de montagem manual (de uma linha de produção dos produtos mais críticos da fábrica) e, graças ao seu desempenho em termos de funcionalidade, fiabilidade e facilidade de instalação, irá se expandida aos restantes sistemas progressivamente.

Os resultados obtidos comprovam a utilidade da interface CognexComm e consolidam a sua importância no seio dos equipamentos de montagem da Bosch Car Multimédia, facilitando o trabalho a quem instala e comissiona os equipamentos (funções de fácil utilização), aos técnicos de manutenção (facilitando o despiste de erros e avarias), bem como aos engenheiros de processo e de produção (providenciando indicadores de qualidades e resultados claros e objetivos).

De uma forma geral, e efetuando uma retrospectiva de todo o trabalho realizado, pode-se concluir que os objetivos foram alcançados e que o sistema desenvolvido “cumpre todos os requisitos definidos inicialmente.

8.1. TRABALHO FUTURO

Dado que nenhum processo é perfeito, este sistema pode ser melhorado e complementado de forma a fornecer novas funcionalidades e métodos.

O desenvolvimento da funcionalidade de monitorização dos parâmetros críticos do sistema será certamente um dos trabalhos a desenvolver no futuro pelo interesse que esta função pode manifestar em questões de rastreamento das alterações do sistema.

Uma funcionalidade interessante a desenvolver é a possibilidade de integrar a interface CognexComm com câmaras que não estejam a ser controladas por um equipamento com sistema de controlo via *software*, de forma a medir os indicadores de qualidade das mesmas e visualizar a inspeção em tempo real de uma forma não intrusiva.

Outra possibilidade de trabalho futuro é a implementação de um sistema centralizado que contenha todas as informações relativas aos sistemas de visão existentes na fábrica de forma a manter um inventário dos sistemas e dos *Jobs* existentes em cada sistema.

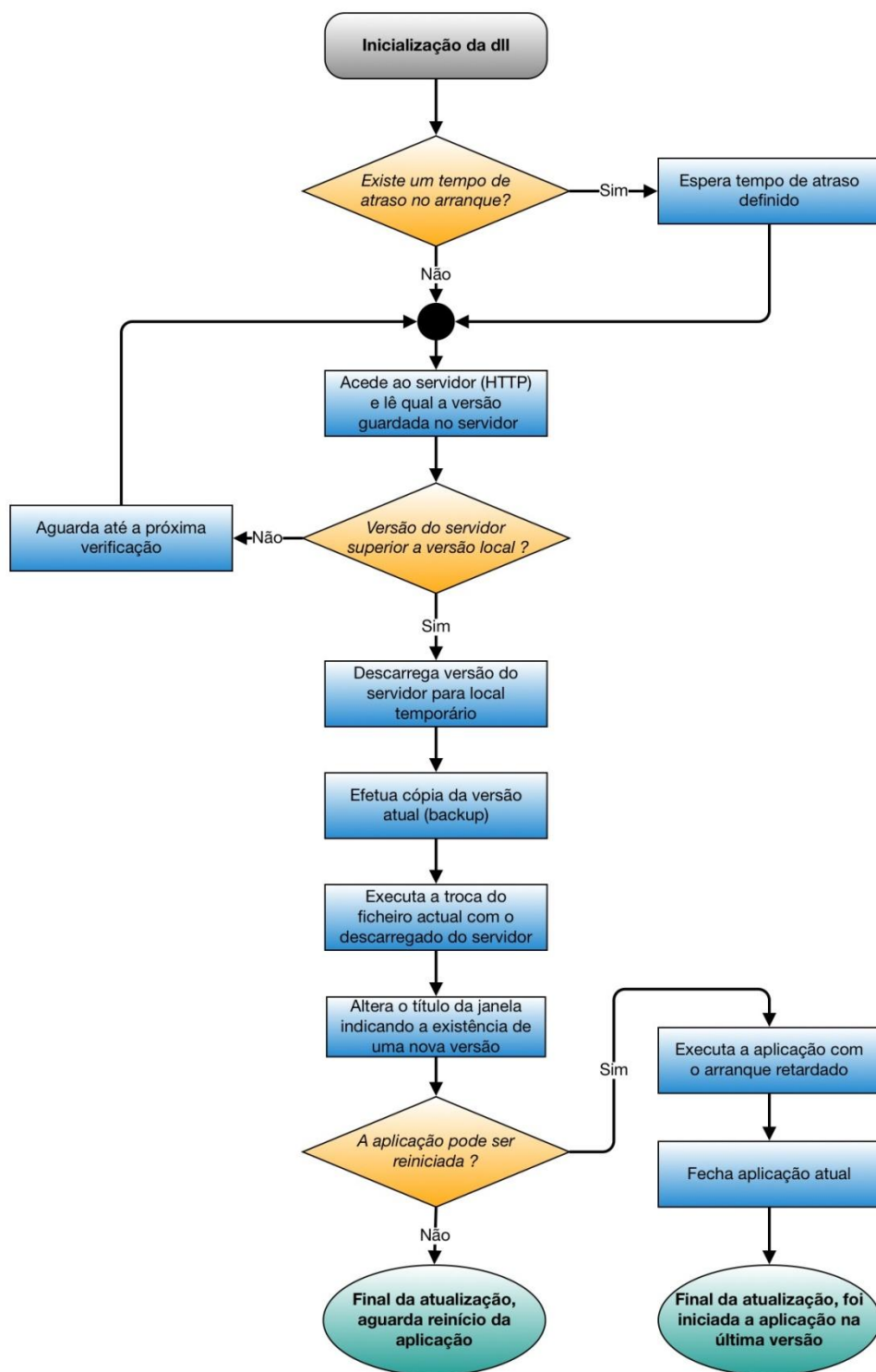
Como nota final, fica também em aberto a possibilidade de tornar todas as janelas de interface com o operador compatíveis com monitores tácteis, evitando desta forma a utilização do rato.

Referências Documentais

- [1] Process Rule for Production (PRP) 9.9.4.1 – Foil connection inspection, 1st Edition, Bosch Car Multimedia, 2011.
- [2] Bosch Portugal, “Grupo Bosch”, 2013, disponível em: <<http://www.bosch.pt>>, último acesso em setembro de 2013.
- [3] Documentação Interna, Bosch Car Multimédia Portugal S.A, consultada no portal interno em Julho de 2013.
- [4] Bernd Jähne, “*Digital Image Processing*”, 6th edition, Springer, 2005, ISBN 3-540-24035-7.
- [5] IFM Global, ”O2D220”, 2013, disponível em: <<http://www.ifm.com/products/pt/ds/O2D220.htm>>, último acesso em setembro de 2013.
- [6] Wenglor Sensoric, “Vision Sensors”, 2013, disponível em: <<http://www.wenglor.com/index.php?id=657&L=0> >, último acesso em setembro de 2013.
- [7] National Institute of Standards and Technology, “Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security”, 2013, disponível em: <<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-82/SP800-82-final.pdf>>, último acesso em agosto de 2013.
- [8] Tetragenics.com, “SCADA Systems”, 2013, disponível em: SCADA <http://tetragenics.com/pdf/Presentations/SCADA_2.pdf>, último acesso em setembro de 2013.
- [9] Sistemas Industriais, “SCADA Primer”, 2013, disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~asousa/sind/acetat/ScadaPrimer.pdf>>, último acesso em setembro de 2013.
- [10] Sistemas SCADA, “Componentes de um SCADA”, 2013, disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~ee94082/SCADA.htm>>, último acesso em agosto de 2013.
- [11] InTouch HMI, SA Online, 2013, disponível em: <http://www.sa.online.pt/produtos/produtos_show.htm?idf=17&idp=94 >, último acesso em agosto de 2013.

- [12] Conceito DLL, Suporte Microsoft, 2013, disponível em:
<<https://support.microsoft.com/kb/815065/pt-br>>, último acesso em outubro de 2013.

Anexo A. Princípio de Funcionamento da DLL de Atualização Automática Update.dll



Anexo B. Instalação dos Componentes Centrais In-Sight da Cognex

Este anexo contém os passos necessários para a instalação dos componentes centrais In-Sight da Cognex (versão 4.7.2) que podem ser descarregados do CD que acompanha o sistema de visão ou através da página *web*: <http://www.cognex.com/support>

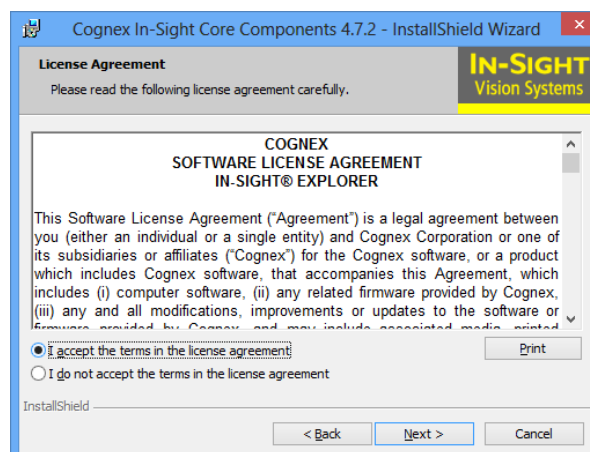
1. Executar o ficheiro Cognex *In-Sight Core Components 4.7.2.exe*



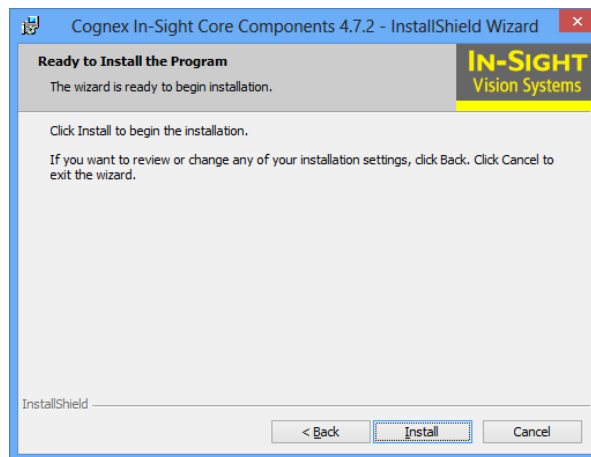
2. Premir Seguinte (*Next*).



3. Aceitar os termos e condições da licença de utilização do *software* e premir seguinte (*Next*).



4. Iniciar o processo de instalação premindo instalar (*Install*).



5. Aguardar pela finalização da instalação e premir concluir (*Finish*).

